



BOLETÍN

DE LA

SOCIEDAD GEOLÓGICA

MEXICANA

JULIO-DICIEMBRE DE 1904.

TOMO I.



MEXICO

SOCIEDAD GEOLOGICA MEXICANA
5ª DEL CIPRES 2728

1905

BOLETÍN

DE LA

SOCIEDAD GEOLÓGICA MEXICANA

JULIO-DICIEMBRE DE 1904.

TOMO I.





MEXICO

SOCIEDAD GEOLOGICA MEXICANA
5ª DEL CIPRES 2728

1905



Imp. Escalante.—San Andrés, 69.

Desde hace varios años, el Sr. José G. Aguilera había concebido la idea de fundar una Sociedad, con objeto de reunir á todas aquellas personas que tuviesen interés por los estudios geológicos.

A fines de 1903, en una reunión provisional convocada por el Sr. Aguilera, se expuso la conveniencia y oportunidad de estimular las investigaciones geológicas, siguiendo la corriente del desarrollo intelectual del país en otras ramas de la ciencia. En esta junta preliminar, se decidió expedir una convocatoria haciendo un llamamiento á los profesionales, geólogos, ingenieros de minas, y á todos aquellos que, por la índole de sus ocupaciones, sintieran afición por la geología.

En Febrero 15 del año siguiente, 1904, fué distribuida una circular en los términos siguientes:

«México es un país eminentemente minero y agricultor; para estas dos industrias, la base científica es la geología. Hay ya muchos trabajos sobre la constitución geológica

del suelo de nuestro país, pero todavía no está organizado el trabajo de los aficionados; una multitud de observaciones útiles se pierde por falta de una publicación que reuna tanto los artículos formales, como las noticias y observaciones aisladas y las revistas de la literatura geológica relativa á México. Además, como no hay nada que ligue á los aficionados á la geología entre sí, y que les ponga en contacto, el trabajo personal ha quedado hasta ahora aislado, y muchas veces inadvertido para el mundo científico. Este estado de cosas, nos hace creer que es ya tiempo para la formación de una Sociedad Geológica en la República, que una á todos los que se interesan por la geología, ciencia tan importante para México; Sociedad que pondrá en relación á sus miembros por medio de una reunión anual, á la que seguirán excursiones al campo para dar á conocer la constitución del suelo de los alrededores de la población donde se verifique la reunión; así se dará á conocer en el curso de los años á los miembros, la geología de gran parte de la República. La Sociedad publicará un Boletín, que dé á luz con preferencia, toda especie de noticias y observaciones geológicas, ya sea sobre el hallazgo de minerales, rocas ó fósiles, fenómenos volcánicos ó temblores, etc., etc. Además, se publicarán artículos, así sobre geología pura, como sobre geología aplicada, y se añadirá una revista de todo lo que se publique en México y en el extranjero, sobre geología mexicana. Para que esta Sociedad tenga éxito, debe componerse de socios de todos los Estados, porque sólo así se reunirán con el tiempo datos sobre el suelo mexicano, que hagan adelantar realmente la ciencia.

Adjuntos á esta Circular, encontrará usted los Estatutos provisionales para la Sociedad que deseamos fundar, los que sin duda estarán todavía defectuosos, pero que se irán perfeccionando, especialmente en la próxima reunión general, para la cual fijamos el mes de Diciembre de 1904.

Nos permitimos proponer las siguientes personas para la Junta Directiva provisional para el año de 1904, que durará hasta que se verifiquen las elecciones en la reunión general.

Presidente:
JOSÉ G. AGUILERA.

Secretario general:
DR. EMILIO BÖSE.

Tesorero:
JUAN D. VILLARELLO.

Adjuntamos una lista de las personas que hasta la fecha han sido invitadas como socios fundadores, pudiéndose después invitar á otras que es probable tomen interés por nuestra Sociedad.

Creemos fundadamente que Ud. se interesará por nuestra iniciativa y esperamos que ingresará como socio fundador ó socio protector, y le rogamos se sirva llenar el talón adjunto y devolverlo por correo, dirigido al Dr. Emilio Böse, México, 5.ª del Ciprés 2,728.

Más tarde tendremos el gusto de comunicar á Ud. el progreso de nuestra asociación, que tanto interés tiene para México y tanta importancia para el adelanto de la ciencia.

México, 15 de Febrero de 1904.—R. AGUILAR Y SANTILLÁN.—ERNESTO ANGERMANN.—TEODORO FLORES.—EZEQUIEL ORDÓÑEZ.—RAMIRO ROBLES.—FAUSTINO ROEL.»

Con esta circular fué distribuida una cédula de inscripción, la lista de personas invitadas á formar parte de la Sociedad, y los Estatutos provisionales, los que, con las modificaciones propuestas en la Asamblea General del mes de Diciembre de 1904, se publican más adelante en este volumen.

El resultado de esta convocatoria fué de los más satisfactorios, pues en Mayo del mismo año, habían ingresado ya, con el carácter de socios fundadores, 109 personas.

Lista de los Socios Fundadores de la Sociedad Geológica Mexicana.

SOCIOS PROTECTORES:

LANDERO Carlos F., Ingeniero de Minas. Director de la Compañía de Minas de Pachuca y Real del Monte. Pachuca.

MANCERA Gabriel, Presidente del Ferrocarril de Hidalgo. México, D. F., Cordobanes 15.

OROZCO Pablo. Cantarranas 5. Guanajuato.

MEXICAN LIGHT AND POWER CO. San José el Real. México, D. F.

SOCIOS EFECTIVOS:

AGUILAR Angel. Teziutlán, Puebla.

AGUILAR Ponciano, Ingeniero de Minas. Estrella 1 y 2. Guanajuato.

AGUILAR y Santillán R., Secretario y Bibliotecario del Instituto Geológico Nacional. 5.ª del Ciprés 2,728. México, D. F.

AGUILERA José G., Director del Instituto Geológico Nacional. 5.ª del Ciprés 2,728. México, D. F.

ALCALÁ Maximino, Ingeniero Inspector de Minas. 4.ª Magnolia 38. México, D. F.

ALDASORO Andrés, Ingeniero de Minas, Subsecretario de Fomento. Balderas 1,026. México, D. F.

ALVAREZ Y ZUBIRÍA Luis, Ingeniero de Minas. 6.ª de Hernández 51. Durango.

AMADOR Manuel, Ingeniero. Valparaiso. Zacatecas.

ANGERMANN Ernesto, Doctor en ciencias. México, D. F.

ARAGÓN Agustín, Ingeniero Geógrafo. 5.ª del Pino 2,737. México, D. F.

ARANDA Manuel G. Sopeña 11. Guanajuato.

ARELLANO Salvador, Ingeniero de Minas. Aldama 712. Chihuahua.

ARREOLA Vicente H. Hidalgo del Parral, Chih.

BALAREZO Manuel, Ingeniero de Minas. Director de la Escuela Industrial de Guanajuato.

BÁRCENA Eduardo. Gavito 3. Puebla.

BARROETA Gregorio. 5 de Mayo 16. San Luis Potosí.

BISHOP Alfredo, Ingeniero de Minas. Ap. 54. Pachuca, Hgo.

BÖSE Emilio, Geólogo en jefe del Instituto Geológico Nacional. 5.ª del Ciprés 2,728. México, D. F.

BURCHARD B. P. Ap. 257. Monterrey, N. L.

BURCKHARDT Carlos, Geólogo en jefe del Instituto Geológico Nacional. 5.ª del Ciprés 2,728. México, D. F.

BUSTAMANTE Miguel, Ingeniero de Minas, Profesor de Mineralogía y Geología de la Escuela Nacional de Ingenieros. México, D. F.

CABALLERO Gustavo de J., S. J., Colegio del Sagrado Corazón de Jesús. México, D. F.

CABAÑAS Lamberto, Ingeniero. Zaragoza 80. Tepic.

CAPILLA Alberto, Ingeniero de Minas. 2.ª del Tulipán 1,224. México, D. F.

CASTAÑOS Gabriel, Ingeniero. San Francisco 9. Guadalajara, Jal.

CARRANCO Alberto, Ingeniero de Minas. Est. Camacho, Zac.

CASTELAZO Rodrigo. Sopeña 13. Guanajuato.

CASTELLANOS Aniceto, Pbro. Seminario Conciliar. Colima.

CEPEDA Reginaldo. Ap. 98. Torreón, Coah.

CHISM Ricardo, Abogado é Ingeniero de Minas. Colonos 9. Tacubaya, D. F.

CONTRERAS Juan N., Ingeniero. 1.ª de Alonso 8. Guanajuato.

CUEVAS Luis G., Lado Sur Alameda 2. San Luis Potosí.

DAVIS Britton. El Paso, Tex., E. U. A.

DÍAZ Severo, Pbro. Seminario Mayor. Guadalajara, Jal.

ESCONTRIA Blas, Ingeniero. Gobernador de San Luis Potosí.

ESPEJO Pedro, Ingeniero de Minas. Avenida Hidalgo 34. Oaxaca.

ESPINOSA Luis, Ingeniero de Minas. Director General de Obras Públicas. México, D. F.

FERNÁNDEZ GUERRA Manuel. Miguel Negrete 23. Mixcoac, D. F.

FLEURY Juan D., Ingeniero Inspector de Minas. 6.ª del Ciprés 2,922. México, D. F.

FLORES A. Rafael, Ingeniero de Minas. 5.ª de Hidalgo 35. Pachuca, Hgo.

FLORES Teodoro, Geólogo del Instituto Geológico Nacional. 5.ª del Ciprés 2,728. México, D. F.

GAMEROS Manuel, Ingeniero de Minas. Libertad 605. Chihuahua.

GARCÍA Trinidad, Director de la Escuela de Sordo-Mudos. Callejón de Corpus Christi 414. México, D. F.

GARCÍA PEÑA Angel, General Brigadier. Director de la Comisión Geográfico Exploradora. Jalapa, Ver.

GARDUÑO Jesús, Ingeniero. Aguascalientes.

GIRAULT Edmundo, Ingeniero de Minas. Director de la Negociación de San Rafael. Ave. Prim 1,426. México, D. F.

GONZÁLEZ Natividad, Ingeniero. Olas Altas y Díaz Cobarrubias. Mazatlán, Sin.

GLENNIE Enrique. Plazuela del Baratillo 1. Guanajuato.

GUERRERO Hilario, Ingeniero de Minas. Oficina Federal de Ensaye. Aguascalientes.

GUTIÉRREZ Domingo, Ingeniero de Minas. Calle Sur 36, número 38. México, D. F.

GUTIÉRREZ Pedro, Ingeniero de Minas. 8ª de Guerrero 52. Pachuca, Hgo.

HALL C. E., Ingeniero. México, D. F.

HARO José C., Ingeniero de Minas. Calle Sur 40, número 438. México, D. F.

HERNÁNDEZ Marcos F. Banco Mercantil de Monterrey. N. L.

HIJAR Jerónimo, Ingeniero de Minas. 2ª de Guerrero 30. México, D. F.

HERRERA Trinidad. Puerta Falsa de San Andrés 9. México, D. F.

Hijar Reynaldo. 3ª Allende 36. Ciudad Lerdo, Dgo.

Jaime Alberto C. Hidalgo 97. Sombrerete, Zac.

Kayser Roberto. Ap. 115. Monterrey, N. L.

Laguerenne Teodoro, Ingeniero de Minas. 5ª de Alzate 1. México, D. F.

Lazo Agustín M., Abogado. Donceles 27. México. D. F.

Lozano Mariano, Arquitecto. Ave. del Congreso 1,447. México, D. F.

Muñoz Baltazar, Ingeniero de Minas. 2.ª de Doria 8. Pachuca, Hgo.

Muñoz Rodolfo, Ingeniero de Minas. Ap. 103. Guadalupe de Zacatecas.

Navarro Daniel V., Ingeniero de Minas. Parroquia 21. Guadalajara, Jal.

Nevius J. Nelson, Ingeniero de Minas. Ap. 85. Hermosillo, Son.

Niven William. México, D. F.

Obregón M. San Luis Potosí.

Ordóñez Ezequiel, Subdirector del Instituto Geológico Nacional. 5ª del Ciprés 2,728. México, D. F.

Ortiz Eguiluz José, Ingeniero. Moctezuma, Son.

Ortiz Rubio Pascual, Ingeniero. 4ª Aldama 3. Morelia, Mich.

Palacios José G., Ensayador de Metales. Doctor Mier 95. Monterrey, N. L.

Parker Carlos. La Ojuela. Mapimí, Dgo.

Peña Marcelo, Ingeniero Inspector de Minas. México, D. F.

Peragallo Oreste. Hotel Zaragoza. Monterrey, N. L.

Pérez Luis. Ciudad Romero Rubio, Coah.

Pinson Emilio, Ingeniero. Director de la Compañía de las Fuerzas Hidro-Eléctricas de San Ildefonso. México, D. F.

Prado y Tapia Francisco, Ingeniero. Ave. Poniente 14, núm. 5. México, D. F.

Preusse C., Ingeniero de Minas. Tlalpujahua, Mich.

Puente Cesáreo, Ingeniero de Minas. Pánuco, Sin.

Ramos Joaquín M., Ingeniero de Minas. Subjefe de la Sección de Minas del Ministerio de Fomento. Tacuba, D. F.

Rangel Manuel, Ingeniero de Minas. Oficina Federal de Ensaye. Durango.

Real Alfaro Manuel del. Hotel París. Durango.

Robles Ramiro, Geólogo del Instituto Geológico Nacional. 5ª del Ciprés 2,728. México, D. F.

Rodríguez Varela Francisco, Ingeniero de Minas. Mazapil, Zac.

Roel Faustino, Químico del Instituto Geológico Nacional. 5ª del Ciprés 2,728. México, D. F.

Romero Carlos, Ingeniero de Minas. Sopeña 45. Guanajuato.

Rosa Luis de la, Ingeniero. Paseo de la Reforma 288. México, D. F.

Samaniego Uriel, Profesor de Mineralogía del Instituto de Querétaro.

Sartorius Florentino. El Mirador. Huatusco, Ver.

Scalia Salvador, Geólogo del Instituto Geológico Nacional. 5ª del Ciprés 2,728. México, D. F.

Schulz Enrique, Profesor del Instituto Científico del Estado de México. Toluca, Méx.

Sellerier Carlos, Ingeniero Inspector de Minas. 3ª del Fresno 2,534. México, D. F.

Servin L. Roberto, Ingeniero Inspector de Minas. Bucareli 1,644. México, D. F.

Simental Celestino, Ingeniero de Minas. 2ª Mayor 30. Durango.

Sistermans Francisco, Ingeniero de Minas. Ramos, S. L. P.

Treviño Arreola Porfirio. Iturbide 24½. Monterrey, N. L.

Uriarte Manuel, Ingeniero de Minas. Empedradillo 10. México, D. F.

Valle Felipe, Director del Observatorio Astronómico Nacional. Tacubaya, D. F.

Villada Manuel M., Profesor de Mineralogía y Geología del Museo Nacional. México, D. F.

Villafaña Andrés, Ayudante de geólogo del Instituto Geológico Nacional. 5ª del Ciprés 2,728. México. D. F.

Villarello Juan D., Geólogo en jefe del Instituto Geológico Nacional. 5ª del Ciprés 2,728. México, D. F.

Woodrow J. Mapimí, Dgo.

Zárate Francisco de P., Ingeniero de Minas. Morena 1,705. Tacubaya, D. F.

Socios efectivos inscritos de Mayo á Diciembre de 1904.

BRANIFF Oscar. Cadena 19. México, D. F.

CAMPA José, Ingeniero. Pulquería de Celaya 11. México, D. F.

CÓRDOBA Luis G., Ingeniero. Instituto 45. Zacatecas.

DOUGLAS Teodoro, Ingeniero de Minas. Cocorit, Son.

ESPINOSA Luis C. Gallos 33. Zacatecas.

FERNÁNDEZ Abraham L. Bolivar 10. Monterrey, N. L.

ITURBE Juan J. Ap. 151. Guanaceví, Dgo.

KIRBY Thomas. Superior Wis. E. U. A.

MADERO Emilio. Guanaceví, Dgo.

PARRES Joaquín, Ingeniero. Plaza Mayor 16. Guanajuato.

QUEVEDO Miguel A. de, Ingeniero Civil. Eliseo 29. México, D. F.

RAMÍREZ Simeón, Ingeniero de Minas. Ministerio de Fomento. México, D. F.

RULFO C., Ingeniero de Minas. Encarnación 6. México, D. F.

VARLAT M. 3ª del Relox 1. México, D. F.

VELEZ J. M. Cadena 12. México, D. F.

WAITZ Pablo, Ayudante de geólogo del Instituto Geológico Nacional. 5ª del Ciprés 2,728. México, D. F.

VOGEL Félix. 25 Broadst. New York, E. U. A.

SESIONES.

La Sociedad inauguró sus sesiones ordinarias el día 1.º de Junio de 1904, bajo la presidencia del Sr. Ingeniero José G. Aguilera, Director del Instituto Geológico Nacional, quien ofreció galantemente el edificio del Instituto Geológico, para que en él se verifiquen las reuniones y se

adopte provisionalmente como domicilio de la naciente Sociedad.

El Presidente dió la bienvenida á los socios, en los términos siguientes:

SEÑORES:

«Al tener la honra de daros la bienvenida por haberos dignado acceder á nuestro llamado, permitidme que antes que todo, cumpla con el imperioso deber de manifestaros, á nombre de la Junta Directiva provisional, todos nuestros agradecimientos por la prueba de confianza con que nos habéis honrado.

Un objeto loable y humilde en la apariencia, pero grande y trascendente en los resultados, nos reune hoy aquí: venimos á inaugurar los trabajos de la Sociedad Geológica Mexicana, que en estos mismos momentos, nace humilde y débil al mundo científico, pero que andando el tiempo, llegará á ser obra perdurable, contando como cuenta, con el entusiasmo y buena voluntad con que todos vosotros, sus fundadores, le traéis vuestras energías.

Es nuestro propósito hacer que la Sociedad Geológica Mexicana camine por un sendero enteramente práctico, de manera que no pierda el tiempo en discusiones estériles, sino que se ocupe desde luego de llenar su misión. Tiempo era ya, señores, de que los amantes de los hermosos y útiles estudios que la ciencia geológica abraza en su programa actual, se asocien, armonicen y cambien sus ideas. Hasta hoy, todo el inmenso contingente de trabajo debido á la investigación privada ha sido perdido, y de hoy en

adelante será conocido, aquilatado y utilizado por los que se dediquen á la misma rama de conocimientos.

La manera como todos nuestros colegas han respondido á la invitación que se les ha hecho para constituir esta Sociedad, es la prueba más elocuente de que el momento escogido ha sido oportuno; de que se hacía necesaria ya la creación de la Sociedad y que sólo faltaba una iniciativa, cualquiera que fuese su procedencia.

En la inmensa extensión del territorio de la República encuéntranse diseminados modestos aficionados que, aislados, desconfían del éxito de sus trabajos; que no tienen á quien consultar los temas difíciles que caen entre sus manos. En lo de adelante, estoy seguro, podrán resolverlos con facilidad, solicitando la cooperación desinteresada de aquellos de sus consocios más directamente consagrados á la rama de estudio á que pertenezca el tema en cuestión.

El Instituto Geológico Nacional, por mi conducto, da hospitalidad en su edificio, á la naciente Sociedad Geológica Mexicana, á la cual me complazco en desear: vida, progreso y prosperidad.»

De acuerdo con los estatutos provisionales aprobados en la junta preliminar, las sesiones han tenido lugar el día 1º de cada mes, dando previo aviso á los socios por medio de tarjetas que se expiden por el correo, de la hora de la reunión y el título de los trabajos que se presentan. A uno ó dos trabajos se ha dado lectura en cada una de las sesiones, siguiendo á dicha lectura las observaciones que alguno ó algunos de los socios tienen á bien presentar.

Los trabajos que se han leído en el seno de la Sociedad, y que forman en conjunto la materia del presente volumen, son como sigue:

Julio 1.º de 1904.—Ingeniero José G. Aguilera. Reseña del desarrollo de la Geología en México.

Ingeniero Ezequiel Ordóñez. Las barrancas de las Minas y de Tatatila.

Agosto 1.º—Ingeniero Andrés Villafaña. Los criaderos cuproargentíferos de Tapalpa, Jalisco.

Dr. Emilio Böse. Noticia preliminar sobre la fauna pliocénica de Tuxtepec, Oax.

Septiembre 1.º—Ingeniero Ezequiel Ordóñez. El Nauhcampatepetl ó Cofre de Perote.

Ingeniero Teodoro Flores. Los criaderos argentíferos de Providencia y San Juan de la Chica, San Felipe, Gto.

Octubre 1.º—Ingeniero Juan D. Villarello. Distribución de la riqueza en los criaderos metalíferos primarios epigenéticos.

Noviembre 1.º—Ingeniero Jerónimo Hijar. Algunos datos sobre los criaderos de Peñoles, Oax., y Tamazula, Jal.



ASAMBLEA GENERAL

En la Asamblea General que tuvo lugar el día 6 de Diciembre de 1904, fueron discutidos y aprobados los estatutos definitivos de la Sociedad, los que son, en esencia, los mismos que fueron adoptados en la junta preliminar, con algunas adiciones.

ESTATUTOS

de la

SOCIEDAD GEOLÓGICA MEXICANA.

Art. I.—La Sociedad se denomina «Sociedad Geológica Mexicana,» y tendrá su domicilio en la Ciudad de México.

Art. II.—Tiene por objeto, cultivar y propagar el estudio de la Geología y ciencias anexas, contribuir al adelanto de la Geología en general, y dar á conocer el suelo de México, tanto en sí mismo, como en sus relaciones con la minería, la agricultura y otras artes industriales.

Art. III.—La Sociedad se compone de miembros efectivos y miembros protectores, cuyo número es ilimitado; los nacionales y los extranjeros pueden igualmente ser miembros de la Sociedad.

Art. IV.—Para ser miembro de la Sociedad, basta ser postulado en una sesión por dos de sus miembros, admitido por ella, y proclamado por el Presidente en la siguiente sesión.

Art. V.—Los miembros protectores, pueden ser individuos ó corporaciones científicas é industriales.

Art. VI.—Los miembros efectivos pagarán una cuota anual de doce pesos ($ 12.00 cts.). Los miembros protectores no tienen cuota fija; pero nunca será menor que la asignada á los miembros efectivos.

Art. VII.—Todos los miembros, ya sean efectivos ó protectores, podrán asistir á las sesiones, tienen en ellas voz y voto y derecho de consultar la biblioteca, sujetándose á las disposiciones especiales, y recibirán gratuitamente las publicaciones de la Sociedad.

Art. VIII.—Todo miembro que durante tres años deje de pagar su cuota, se considerará excluido de la Sociedad, previas una excitativa para hacer el pago de lo que adeude, y una notificación de haberse acordado la exclusión.

Art. IX.—La Sociedad tendrá una Junta Directiva formada de

Un Presidente,	Un Vicepresidente,
Un Secretario,	Un Prosecretario y Bibliotecario,
Un Tesorero,	Y cuatro Vocales.

Art. X.—Todos los miembros de la Junta serán elegidos para durar en su encargo por dos años y en este orden: en el primer año se elegirán el Vicepresidente, el Prosecretario y los Vocales segundo y cuarto, para durar solamente un año, y para durar dos años: el Presidente, el Secretario, el Tesorero y los Vocales primero y tercero, siguiendo en lo sucesivo la elección anual de los funcionarios, cuyo plazo haya terminado, y para que todos duren en sus encargos los dos años mencionados al principio.

Art. XI.—Los miembros de la Junta Directiva deberán estar radicados en la Ciudad de México, y serán elegidos por mayoría relativa de votos en la Asamblea General anual, tanto por los socios presentes, como por los ausentes, éstos por medio de cédulas mandadas por correo.

Art. XII.—El Tesorero presentará en la Asamblea anual, una cuenta del movimiento de fondos habido durante el año.

Art. XIII.—La Sociedad publicará un Boletín, que se distribuirá gratuitamente á los miembros de la Sociedad, como se dijo en el artícu-

lo VII, y será cangeado por las publicaciones similares. Los nuevos socios podrán recibir los números atrasados del Boletín al precio de costo, y se venderán al público al menor precio posible.

Art. XIV.—En el Boletín se presentarán los trabajos presentados por los miembros, y los de personas extrañas á la Sociedad, cuando estos trabajos sean de positiva utilidad.

Art. XV.—La Junta Directiva decidirá la impresión de los trabajos, dejando á cada autor la responsabilidad absoluta de sus ideas.

Art. XVI.—Serán Socios protectores por vida, los individuos ó corporaciones que paguen $200.00 cts. por una sola vez como mínimum, y socios efectivos por vida, los que paguen $100.00 cts. por una sola vez como mínimum.

Art. XVII.—Los socios contraen la obligación de presentar un trabajo para su lectura en sesión ordinaria, por lo menos cada tres años.

Art. XVIII.—Los socios se reunirán en sesión ordinaria una vez al mes, en la Ciudad de México, y una vez al año en sesión extraordinaria ó Asamblea General, en la misma Ciudad de México, ó en alguna otra Ciudad del país, previa designación hecha por la Junta, verificándose también, á la vez, una ó varias excursiones geológicas.

Art. XIX.—Los socios deberán pagar sus cuotas por años adelantados, al principio de cada año civil, sin que sea necesario que con anterioridad se les mande el recibo correspondiente, el cual recibirán como contestación al envío de sus cuotas.

En la misma Asamblea General se hizo la votación del personal para la Junta Directiva de la Sociedad, quedando nombradas las siguientes personas para desempeñar sus cargos por el tiempo fijado, de acuerdo con los estatutos:

Presidente.—José G. Aguilera, 1905–1906.
Vicepresidente.—Joaquín M. Ramos, 1905.
Secretario.—Ezequiel Ordóñez, 1905–1906.
Prosecretario.—Rafael Aguilar Santillán, 1905.
Tesorero.—Juan D. Villarello, 1905–1906.

VOCALES

1.° José C. Haro, 1905–1906.
2.° Agustín M. Lazo, 1905.
3.° Carlos Sellerier, 1905–1906.
4.° Maximino Alcalá, 1905.

EXCURSIONES

Para cumplir con el programa de la Sociedad, se dió á saber á los miembros en la reunión de Diciembre, que en vista de las facilidades ofrecidas á la Junta provisional por algunos particulares, proponía se llevasen á cabo dos excursiones, una á los cráteres de Xico y otra á las canteras de la barranca de San Lorenzo y Echagaray.

Con la amable hospitalidad del personal de la Junta Directiva de la Negociación Agrícola de Xico, y de los Sres. M. Ramírez, Presidente Municipal de San Bartolo Naucálpam, y Manuel G. de Rueda, propietario de la Hacienda de Echagaray, las excursiones se verificaron los días 11 y 21 de Diciembre y en las que tomaron parte un buen número de socios.

Hacemos aquí público nuestro agradecimiento á las personas antes mencionadas, por la exquisita cortesía con que fueron atendidos los miembros de la Sociedad durante las excursiones.

I EXCURSION DE LA SOCIEDAD GEOLOGICA MEXICANA.

Diciembre 5 de 1904.

LOS CRATERES DE XICO.

Antes de llevarse á cabo las obras de canalización y desecación del lago de Chalco, un islote de poca altura surgía casi en el medio de la laguna. La isla de Xico, que así se llamaba, es hoy una pequeña colina de un poco más de 3 kilómetros cuadrados de superficie, rodeada de una llanura uniforme surcada por numerosos canales. Estos terrenos que cubrían las aguas, están ahora revestidos de excelentes sembrados.

El islote ó la colina de Xico tiende á una forma rectangular, alargada en la dirección NE. SW., con una longitud de 2,400 m. y una anchura media de 1,400 m. Todo es de naturaleza volcánica, pero muestra dos partes topográficamente distintas, que también difieren por el carácter físico de sus rocas. En efecto, la mitad septentrional consiste de una mesa ligeramente inclinada de 35 metros de altura media sobre la llanura sostenida por taludes rocallosos, y limitada hacia el sur por un borde un poco más elevado en forma de semicírculo. La mitad meridional está constituida de material fragmentario volcánico, acumulado en la forma de un cono truncado de muy poca altura compara-

da con su diámetro. Los taludes exteriores son de pendiente relativamente fuerte, no tienen surcamientos de importancia ni superficie cóncava, como la tienen generalmente los conos formados de material cinerítico. En el cono de Xico, la pendiente es ligeramente convexa debido á la compacidad que han adquirido las tobas, y á la manera como han obrado los agentes de erosión. Los bordes del cono encierran una amplia cavidad circular poco profunda y de fondo suficientemente plano para ser aprovechado como tierra de labor. Al recorrer la colina de Xico se puede observar fácilmente que la componen dos cráteres apenas separados; el del norte es un cráter de lava que ha perdido, por erosión y quizá también en el momento de su formación, las paredes septentrionales, conservándose sólo una parte en forma de media luna. El cráter del sur, aunque de bordes de altura desigual, se ve completo. Los dos cráteres han sido engendrados en distinta época, y difieren también por la manera como ha tenido lugar su formación. El del Norte es, como decimos, un cráter de lava producido por la eyección relativamente tranquila de material fundido que se desparrama alrededor del orificio de salida. Al finalizar la erupción la lava se retira un poco hacia adentro y forma una cavidad embudiforme que, llenada hoy por los productos arrojados durante la formación del cráter del sur, aparece como una mesa tal como la hemos bosquejado. El segundo cráter es el resultado de una explosión debida á la tensión de gases y vapores, que en su salida violenta pulverizan las rocas que encuentran á su paso y las acumulan, partícula á partícula, alrededor de la boca de explosión. Para juzgar de la manera como se ha for-

mado el cono, véanse los taludes del sur, enfrente de la línea férrea. El material se ve allí estratificado en capas con inclinación igual á la del talud. La separación de dichas capas es imperfecta, indicando que no ha habido interrupción durante la caída de los productos triturados, sino que todo el cono ha sido formado de una sola vez, lo que es característico de todos los cráteres de explosión. Siendo las paredes del cráter el producto de la acumulación de material pulverulento, que al caer se depositaba siguiendo las leyes de la gravedad, es natural que las capas tengan una doble inclinación, la del talud exterior del cono y la interior hacia el fondo de la cavidad, lo que podrán ver fácilmente los excursionistas en las paredes norte y sur del cráter. En otras partes del anillo cratérico no se reconoce prontamente esta doble inclinación, porque la erosión ha destruido parte de las paredes interiores. Con las cenizas y material fragmentario fueron arrojados durante la explosión, pedazos de todos tamaños de andesita, arrancados del talud exterior del cono de lavas donde se formó el cráter del norte y cuyos pedazos de roca, ya removidos, se ven en el fondo del gran cráter en una cavidad abierta artificialmente. Se supone que el punto donde fué engendrada la explosión no es profundo, pues de haberlo sido, habría arrojado, además de los pedazos de andesita, fragmentos de las rocas subyacentes. Somos de opinión, con algunos vulcanologistas, que en la formación de la mayoría de los cráteres de explosión, han intervenido causas exteriores, tales como la infiltración de aguas superficiales hasta regiones donde existe lava fundida, que en nuestro caso, como casi en todos nuestros cráteres del mis-

mo tipo, ha sido la lava basáltica ó andesita basáltica, pues casi siempre estos cráteres se encuentran en los flancos de pequeños volcanes basálticos de muy reciente creación. Es indudable que, al menos, el cráter de explosión de Xico se formó cuando ya la base del cono de lavas del norte estaba rodeada por las aguas del lago, y que la infiltración de parte de estas aguas fué la causa determinante de la explosión.

El lago de Chalco ha ocupado, como su vecino el lago de Xochimilco, una cuenca muy profunda, hoy rellenada por material cinerítico mezclado á los productos de sedimentación lacustre, y la materia orgánica procedente de la descomposición de las plantas al abrigo del aire y que suministran una materia de descomposición análoga á la turba, la que se ha visto que yace á una profundidad considerable.

Después de la visita á los cráteres de Xico, los excursionistas visitarán un pozo artesiano que se ha abierto á 6 kilómetros al poniente. En este pozo el agua brota á 1.50 m. arriba del suelo. Con el agua sale gran cantidad de gas de pantanos que arde al contacto de una flama. De los informes que hemos adquirido, resulta que dicho pozo se profundizó hasta 104 metros y que solamente fueron cortadas capas de turba terrosa. Estas capas cubren completamente los flancos de la colina de Xico de tal manera, que las pendientes del cono de tobas y los acantilados de lava se sumergen debajo de los sedimentos de la llanura, sin cambio sensible de pendiente.

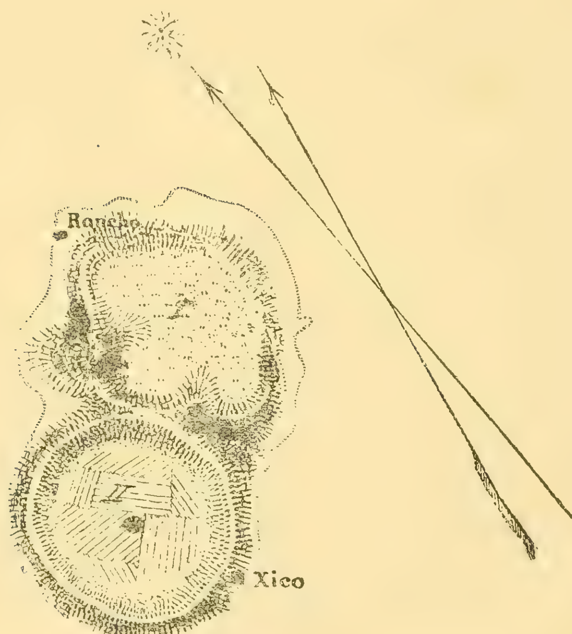
Desde la cresta de lavas del cráter norte ó desde el borde más elevado (NW.) del cráter de explosión, los excursionistas disfrutarán de un panorama interesante por

estar limitado el hoy desecado lago de Chalco y el de Xochimilco, bien por las sierras que limitan al Sur y Este la cuenca de México, ó bien por grupos importantes de montañas. Al oriente se ve la Sierra Nevada con sus grandes volcanes actualmente cubiertos por las nieves hasta abajo del límite de la zona de vegetación. En un día claro se puede distinguir en los flancos de esta sierra la mitad inferior cubierta de tobas, de tinte amarillento rojizo á distancia, y la parte superior, cubierta de bosques, constituida de rocas macizas andesíticas. Un espolón desprendido de esta sierra, limita al norte el horizonte, en el que sobresalen los cerros del Tejolote y el cerro aislado de Tlapacoya, especie de doma de cima recortada. Al poniente se distinguen muy claramente, por su proximidad, el cordón de cráteres de Santa Catarina, que más cerca habrán visto ya los geólogos durante el trayecto de ferrocarril, pues que la línea pasa muy cerca y entre dos de estos cráteres: el de San Nicolás, el más pequeño, constituido de brechas de tezontle y lapilli, y el de Xaltepec, de arena volcánica y lapilli. Este cono, esbelto y elegante, se muestra casi completamente desnudo, con talud muy regular resultante de la acumulación del material deleznable que lo forma. Desde el mismo ferrocarril se puede ver el doma de lava de Santiago, que brotó de en medio de un cráter, hoy en parte destruido; é inmediato á él, un pequeño cráter abierto, por cuya abertura escurrió una pequeña corriente de lava. Al SW. y S. se ve el lago de Xochimilco y restos del lago de Chalco, rodeados por las faldas del gran malpaís de los flancos del Ajusco, y distinguiéndose claramente las cimas donde existen aún los cráteres por donde han brotado enor-

mes cantidades de lavas basálticas. Algunas corrientes muy recientes y de pequeña extensión, cubren las laderas de aquellas montañas, algunas con flancos en escalera, debido á la sobreposición de diversas corrientes. En primer término se ven los cerros de Ayotzingo, al Sur; y al S. W. un volcán muy instructivo: el *Teutli,* especie de casquete de lava coronado por un pequeño cráter abierto. Al NW., en las faldas del más alto volcán de Santa Catarina, se ven las *Calderas:* dos cráteres gemelos de explosión, formados de un modo semejante al cráter meridional de Xico.

México, Diciembre 5 de 1904.

EZEQUIEL ORDÓÑEZ



CRATERES DE XICO

I.—Cráter destruído de lava.
II.—Cráter de explosión. Tobas.



Canteras en explotación. Barranca de San Lorenzo.

II EXCURSION DE LA SOCIEDAD GEOLOGICA MEXICANA.

Las Canteras de San Lorenzo Totolinga y Echagaray.

Esta excursión fué preparada con el objeto de dar á conocer á los participantes, las condiciones geológicas y modo de yacimiento de dos materiales de construcción de muy frecuente empleo en la ciudad de México; estos materiales son: la roca conocida con el nombre impropio de *cantera* y la *chiluca*, que, aunque de aspecto, dureza y otras propiedades muy diferentes entre sí, están bien subordinadas en el terreno, de tal manera, que el estudio del yacimiento de una de ellas, implica necesariamente el de la otra.

La área principal donde se explotan esos materiales, se encuentra al Poniente de la ciudad de México, á distancia de doce kilómetros en la base de las estribaciones de la gran sierra llamada de «Las Cruces,» que es la que separa la cuenca de México del valle de Toluca. La área en cuestión, queda comprendida dentro de esa región, que se denomina de «las lomas,» á causa de la forma que han tomado los prolongados estribos de la sierra, por el trabajo de erosión sobre las rocas fragmentarias de que están en su totalidad constituidos.

La sierra de Las Cruces, conocida hacia el Sur con el nombre de «Sierra del Ajusco,» y hacia el Norte con el de

«Sierra de Monte Alto,» es el tipo de nuestras sierras homogéneas, que subdividen el mediodía de la Mesa Central en un grupo de valles y de cuencas. Individualmente, estas sierras son de estructura muy simple, están constituidas puramente de rocas eruptivas terciarias y una sola especie de roca domina en ellas, y cuando difiere, es por transición tan gradual, que no cabe duda de que su distinción sólo se funda en la variación de composición de un solo magma de donde vienen todas estas rocas, variación que se ha observado en todos los grandes macizos eruptivos. Grandes tramos de estas sierras son monogenéticos, es decir, engendrados de una sola vez, sin sobreposición de material en la forma de corrientes separadas por tiempo y por espacio, como lo puede demostrar la ausencia de toda estructura que refleje esta manera de ser de la erupción. Por el contrario, en la mitad superior de las sierras donde asoman por todas partes las rocas duras en prolongados cantiles, en crestas, en masas en forma de doma, en picos, etc., etc., y con partimiento regular, columnar, en lajas, en bolas, etc., no se advierte esa disposición estratiforme ó de mantos sucesivos separados por lechos de aglomerados, que caracteriza á los volcanes compuestos. Esto se ve solamente allí donde se manifiesta la última etapa de formación de estas sierras que, formadas al principio á lo largo de grandes fracturas, el canal de salida del magma se reduce hasta convertirse en una chimenea, por donde se mantiene largo tiempo y con más ó menos interrupción la actividad ya menguada de un gran centro volcánico.

Así considerada genéticamente la sierra de Las Cru-

ces, es un espinazo prolongado, sinuoso y ramificado, erizado de eminencias, como si estuviera subdividido en varios macizos parciales. La parte superior tiene formas rígidas, como conviene al trabajo de denudación sobre rocas duras, cavada con valles colgantes, cenagosos, con barrancas incipientes ó regularizada con grandes taludes de deyección; en fin, una escultura variada que se cambia en la mitad inferior, constituida superficialmente de material fragmentario, en una serie paralela ó convergente de valles transversales, que si no son variados por sus trazos fundamentales, sí lo son por la complexidad que introduce el surcamiento sobre rocas fácilmente desagregables.

Los rasgos fisionómicos de la sierra, así toscamente bosquejados, se pueden observar en la región que vamos á recorrer, y casi desde el punto de partida de la excursión, que es la villa de San Bartolo Naucálpam, situada justamente al pie de una loma, á unos cuantos metros más alta que la ciudad de México. Al faldear dicha loma, llamada de «Los Remedios,» nombre dado por el antiguo santuario católico, construido en su cima, se comienza á divisar el laberinto de lomas que encierran pequeños valles secundarios, cuidadosamente cultivados é irrigados por las aguas de algunas presas levantadas en la desembocadura de las barrancas encerradas entre las lomas. Bien pronto se advierte al NW. de Naucálpam, que el descenso regular de las lomas está interrumpido por un grupo de cerros, entre los cuales sobresale por su altura el cerro del Guajolote, eminencia de relieve irregular, de cima alargada, en forma de cresta. El Guajolote y los cerros vecinos, como el cerro de Moctezuma, etc., están formados de la roca llamada *chi-*

luca, cuya piedra se explota en varias canteras situadas en sus flancos. Cuando se llega á la cima de este cerro (2,560 metros sobre el nivel del mar), habremos tenido oportunidad de ver muy de cerca el partimiento de la roca, que es á veces en masas arredondadas, en bolas que se alteran en costras concéntricas y, más generalmente, en lajas gruesas ó tablas, que facilitan bastante la explotación de la piedra en las canteras, por estar los planos de separación en posición que se aproxima á la vertical.

Una mirada en contorno, desde la cima del cerro, basta para cerciorarse de que la área ocupada por la chiluca es pequeña, y que abarca solamente hasta el nivel en que el macizo se independe en altura de las lomas con que se liga su base por el lado occidental. Vistos de frente los valles transversales de la sierra, la que en bello panorama se admira desde la cima del Guajolote, se presentan á veces como cañones angostos, y el sistema de sus arroyos y surcos confluentes, aparecen como arrugas que indican la juventud del sistema hidrográfico. En las faldas de las lomas, especialmente en la zona intermedia de la sierra, entre las escarpas de arriba y las lomas de abajo, donde suelen ser frecuentes los torrentes, las aguas salvajes han practicado escalones y taludes de deslaves, que el trabajo posterior ha erizado de legiones de pirámides de tierra, muy pintorescas á la verdad, por estar rodeadas de manchones de retoños de arboleda fresca, cuyo color aviva el tono rojizo de las tierras desnudas y lavadas.

Observando de perfil la pendiente baja de la sierra, las crestas de las lomas que forman los valles principales, se alargan en el sentido del descenso en líneas paralelas, co-



Antiguas canteras en la Barrancas de San Lorenzo.

mo si todo el terreno hubiese sido un enorme plano inclinado, subdividido después en numerosos cañones. Al Sur del Guajolote, esta forma de los valles es característica y muy clara, á causa de su casi completa desnudez, pues no se interrumpen á lo lejos estas líneas más que por la banda sombría de eucaliptus del vasto cementerio de Dolores. Casi al pie del grupo de cerros del Guajolote, tanto al Sur como al Norte, se ven varios acantilados de roca, con estructura columnar, como tajos hechos en las lomas y con pendiente en el mismo sentido que la de los cerros de que hablamos. Estos cantiles, formados de *cantera,* ó son paredes abiertas por las aguas, ó han sido sitios de antiguas explotaciones. La cantera apoya directamente sobre la chiluca, como se puede observar en la barranca de Tenantongo, que tendremos que atravesar al descender por el flanco meridional del Guajolote y en camino de la barranca ó cañada de San Lorenzo Totolinga, donde el gran número y la enorme amplitud de las canteras allí abiertas desde hace casi tres siglos, permiten calcular el volumen considerable del material de construcción empleado en casi todos los edificios públicos y particulares de la ciudad de México. Entre la desembocadura de la barranca de Tenantongo y la de San Lorenzo, se interpone la loma de Los Remedios, cuya estribación S. E. deberán atravesar los excursionistas, no sin admirar durante el trayecto el magnífico acueducto de cantería, célebre por la esbeltez y elegancia de sus arcos y las dos curiosas torres espirales, colocadas en los extremos de dicho acueducto, con el cual se quiso formar un gigantesco sifón, para elevar el agua de los manantiales de la sierra al ya mencionado Santuario de Los Remedios.

La barranca de San Lorenzo está limitada por ambos lados, en un largo trayecto, por dos cantiles continuados, uno á la izquierda y otro á la derecha, en el sentido de la corriente del riachuelo que corre por el fondo de la cañada; y á lo largo de esos dos cantiles es donde tienen lugar las explotaciones de la cantera. El continuado trabajo de erosión ha cavado la barranca, pues las paredes opuestas se corresponden, y en tiempos remotos deben haber estado unidas á manera de no interrumpir el plano inclinado de que antes hablamos, siendo este origen de la barranca de San Lorenzo, como hemos dicho, común para todos los valles transversales de la sierra.

No es posible hacer entrar en los límites de esta pequeña guía, consideraciones amplias respecto á la constitución de la sierra. En otro lugar [1] se ha dado ya á conocer la naturaleza de las rocas que constituyen este importante macizo. Recordaremcs aquí que la chiluca es, en nuestra opinión, una roca más antigua que la mayoría de las rocas de la parte superior de la sierra, puesto que la base de los cerros formados de chiluca y cubiertos de cantera, se halla á su vez cubierta del material fragmentario (tobas pomosas, brechas pomosas, etc.), producto de las últimas erupciones (de forma explosiva), acaecidas en algunos puntos de la sierra. Los cerros formados de chiluca parecen ser restos de chimeneas de antiguos volcanes de traquiandesíticas, rodeados en su base por los productos fragmentarios que formaban el aparato volcánico, y este mismo material detrítico de la misma composición química y mineralógica de la chiluca, es la

1 Boletín del Instituto Geológico, núm. 2.

cantera que desde hace tiempo hemos considerado como una toba andesítica y como toba de traquiandesítica. Es de color gris, ruda al tacto, consiste de un agregado de partículas, principalmente de feldespatos, tanto alcalinos como calco-sódicos en proporciones muy variables, fragmentos escasos de cuarzo, pajillas de biotita y pedazos de cristales de hornblenda é hiperstena. Se contienen siempre en esta masa de grano uniforme, pedazos de roca compuesta de un vidrio volcánico más ó menos esponjoso, fragmentos de pomez y aun pedazos de chiluca escoriosa. Estos fragmentos, generalmente de unos cuantos centímetros de tamaño, resaltan por su forma y color de la superficie labrada de la cantera, lo que le da un aspecto peculiar. Dichos pedazos de roca, designados por los canteros con el nombre de *gabarros*, son perjudiciales en alto grado en las piedras labradas, porque hace de ellas un material heterogéneo sujeto á desagregarse fácilmente.

La chiluca tiene una composición intermedia entre la de las traquitas y la de las andesitas. Varía desde una textura casi holocristalina á hialopilítica. Componen su pasta microlitas de sanidino y de oligoclasa, partículas de fierro oxidulado, vidrio transparente cristalítico, más ó menos escaso, y estrellamientos ó agregados de microlitas de sanidino y de sanidino y oligoclasa. Grandes fonocristales de andesina, de sanidino, de hornblenda, de biotita y de hiperstena completan la composición mineralógica de la roca, que es compacta, de color blanco agrisado, dura, y que se deja labrar con aristas vivas.[1] Hay también una chiluca

1 Un estudio petrográfico y químico de estas rocas se publicará en el tomo II de este Boletín.

rojiza, y otra de color morado de menor resistencia que la gris.

Andesitas de hornblenda del mismo color y estructura se encuentran también al lado de las traquiandesitas.

En toda la superficie de las lomas, se encuentran las capas de tobas pomosas (tobas amarillas) y las brechas de pomez (tepetates), que son tan características de esta sierra y que representan los productos de una acumulación torrencial, eólica, fluvial, etc., del material detrítico con que finalizó la continuada historia volcánica de la región.

Para completar esta corta reseña, creemos oportuno agregar algunas palabras relativas á la crónica de las explotaciones de las canteras que hemos descrito geológicamente, habiendo tomado nuestros datos del Archivo General y Público de la Nación.

Dijimos ya, por lo que hace á la formación general de la región, que, antes de estar surcada ó dividida por las innumerables barrancas determinadas por el efecto persistente y prolongado de la erosión, toda la vertiente constituía un solo plano inclinado en la dirección de las cumbres de la sierra hacia la cuenca de México, y que la constitución geológica del material de todo ese plano es casi enteramente uniforme, cosa que se puede observar más todavía localizando el examen, por ejemplo, en la barranca ó cañada de Totolinga, pues la misma constitución se encuentra en la ladera ó loma de la derecha que en la de la izquierda, respecto del arroyo del mismo nombre, siendo enteramente análoga la *cantería* que se extrae de la cantera de un lado que de la del otro. La de la derecha, al entrar en la cañada, siguiendo primeramente una dirección de oriente á

poniente y después de Norte á Sur, se abrió ó se empezó á trabajar evidentemente, muy pocos años después del 1.º de Febrero de 1567, en que se otorgó una merced de tres caballerías de tierra al relator D. Gonzalo Cano Moctezuma, contando, por lo tanto, esa cantera más de tres siglos de abierta, á juzgar por el avance del talud, á partir del lecho del arroyo y por la inmensidad del azolve acumulado, y siendo esa misma cantera la que perteneció después al pueblo de San Lorenzo Totolinga, según lo demuestran las diversas diligencias que obran en los varios litigios que dicha agrupación sostuvo durante luengos años con la Iglesia Catedral de México. La cantera de la izquierda, abierta algunos años más tarde que la anterior, se labró en el terreno de dos caballerías de que se hizo merced en 1604 á D. Juan de Amarillas, y esta segunda cantera, según los mismos litigios á que nos referimos, fué la que perteneció á la citada Iglesia Catedral, circunstancia que todavía se acredita más, hasta por la clase de la piedra empleada en ese edificio, enteramente igual á la de los taludes de la segunda cantera, más dura y más compacta que la que se extrae de la de San Lorenzo. Debe comprenderse la enormidad de la extracción, si se toma en cuenta que casi todos los edificios de la ciudad de México han sido construidos con material extraído de esas canteras, y lo antiguo de su apertura, ó comienzo de la explotación, si se considera que muchos de los edificios mencionados cuentan más de dos siglos de existencia.

Por lo que respecta á las canteras, propiamente de la Hacienda de Echagaray, comprendidas dentro de los linderos de dicha finca, han sido explotadas por sus propie-

tarios, y aun cuando no se puede precisar tanto, como sucede con las de San Lorenzo, la fecha del principio de la explotación, lo antiguo de los títulos de la Hacienda, lo amplio de los rebajes en los sitios de las canteras y por no dejar, hasta la circunstancia de que el mismo pueblo de San Lorenzo, antes que en el sitio que hoy ocupa, se halló ubicado en la barranca de Tenantongo, propiedad de la Hacienda referida, todo junto demuestra que también esas canteras han sido trabajadas desde hace poco más ó menos dos siglos.

EZEQUIEL ORDÓÑEZ.

AGUSTÍN M. LAZO.



Acueducto de Los Remedios

RESEÑA DEL DESARROLLO DE LA GEOLOGÍA EN MÉXICO,

por José G. Aguilera.

La geología mexicana puede decirse que nace, de una manera informe é innominada, en las ideas que, transmitidas por la tradición, fueron recogidas y conservadas en las inscripciones geroglíficas de las razas pobladoras del Anáhuac, en cuyas concepciones de épocas ó soles, denominadas Atonatiuh (Sol de agua), Ehecatonatiuh (Sol de aire), Tletonatiuh (Sol de fuego), Tlatonatiuh (Sol de tierra), se descubren, á la par que ideas pertenecientes á una grosera é imperfecta hipótesis cosmogónica, toscas descripciones de grandes catástrofes, verdaderos cataclismos ó fenómenos geológicos, que hiriendo profundamente y de manera muy viva la imaginación de las razas primitivas, infundieron en ellas el terror consiguiente á la imponente majestad de estos fenómenos y á lo incomprensible de su causa.

Más tarde, cuando la civilización de los aborígenes hubo alcanzado un cierto grado de desarrollo, esta tradición, adulterada con la intervención de la divinidad y engalanada con hermosos detalles, hijos de una rica y fecunda imaginación, constituyó el cimiento sobre el cual levantaron el interesante edificio de su historia, su religión y su ciencia.

Mas apenas descubierta la América, y como una consecuencia natural de los numerosos estudios y trabajos

geográficos que por encadenamiento lógico sucedieron á dicho descubrimiento, al intentarse la exploración del interior del continente por los conquistadores, al tratar éstos de describir las sorprendentes, extrañas y caprichosas formas del vigoroso relieve del vasto imperio de Anáhuac, aparece ya con contornos menos vagos la Geología mexicana, que andando el tiempo, adquiere mayor desarrollo, aunque bajo una forma netamente empírica y plagada de groseros errores, en las por varios conceptos interesantes descripciones de los primeros geógrafos, que pintan con vivo colorido todas las maravillas del suelo: hablan con entusiasmo de los hermosos y caudalosos ríos, y de los perfumados, extensos é impenetrables bosques; enumeran la mayoría de nuestras intrincadas y fragosas sierras; mencionan con asombro sus encumbradas y escabrosas montañas, y tratan con admiración del arrogante y majestuoso aspecto de nuestros gigantescos y hermosísimos volcanes, perennemente coronados de nieve; describen sobrecogidos de terror los imponentes, incomprensibles y destructores terremotos que les eran desconocidos, esforzándose por descubrir su causa; en una palabra, tratan de descifrar la historia, para ellos incomprensible, de las vicisitudes de nuestro suelo.

El oro y la plata que los conquistadores encontraban á cada paso, acumulados en grandes cantidades, formando parte de los valiosos tesoros de los reyes, los nobles y los caciques del opulento imperio mexicano, fueron incentivo bastante á despertar la codicia de estos ambiciosos aventureros, que, creyendo que en el país existían estos metales en grandísima abundancia, se dedicaron desde luego á re-

correrlo en todas direcciones, sin parar mientes en las penalidades y dificultades sin cuento que á tan atrevidas exploraciones eran consiguientes, y, aguijoneados siempre por su insaciable sed de riquezas, encontraron en poco tiempo, como justa recompensa á tan inauditos trabajos, incontables criaderos minerales, que dieron origen, más adelante, al establecimiento de los numerosos asientos de minas, que en pocos años habían de hacer célebre á México por su enorme producción de plata.

Nace así la minería mexicana, que desde entonces, con sus afanosas cuanto interesantes investigaciones, ensancha sin cesar el caudal de conocimientos de la Mineralogía; y registrando empeñosa y guardando avara los datos relativos á la naturaleza, situación y manera de ser de los criaderos minerales, contribuye eficazmente al adelanto de la geología mexicana; convirtiéndose desde esa época la minería, no solamente en una inagotable fuente de riquezas, sino también en uno de los factores más poderosos y que más directamente hayan contribuido al desarrollo intelectual del país.

Inspirándose en el movimiento científico ya bastante desarrollado entre los conquistadores, colonizadores é indígenas del Nuevo Mundo y con especialidad de los de Nueva España, en donde este movimiento se encarrilaba cada vez más y mejor, el gobierno Español se preocupó debida y oportunamente de darle impulso oficial, y cuidó para dicho objeto de recomendar siempre, por intermedio del Consejo de Indias y por especiales instrucciones dadas á los Virreyes, se recogieran y remitieran á España la mayor suma de datos relativos á nuestras producciones histó-

rico-naturales, y expensó repetidas veces á muchos distinguidos naturalistas, especialmente botánicos, para que, explorando nuestro vasto territorio, recogieran ejemplares de todas sus producciones, y descritas ó no, éstas fueran, para su utilización, remitidas al Gabinete de Historia Natural de Madrid, cuya fundación obedeció en gran parte al entusiasmo despertado por las relaciones hechas sobre las peregrinas é innumerables curiosidades del Nuevo Mundo.

Pero sorprende, sin embargo, que no obs tante la enorme producción de plata de la Nueva España y con todo este entusiasmo por el conocimiento de las producciones histórico-naturales, el conocimiento de los minerales, lo mismo que el desarrollo de la Geología mexicana, permanecieran casi estacionarios, y esto, á pesar de haber tenido la Nueva España, entre sus Virreyes, al Sr. D. Antonio Mendoza, verdadero naturalista que tanto influyó durante su virreinato en los progresos del país, estimulando la explotación de las minas, fundando la Universidad Literaria, la primera imprenta mexicana, la casa de moneda, etc., etc.; sorprende, digo, que, durante casi toda la dominación española, no adelantaran la Mineralogía y Geología mexicanas, y que los imperfectos conocimientos de aquella época á ellas referentes se encuentren hoy diseminados en las obras de los cronistas revueltos en mezcla incongruente con multitud de simplezas.

Citaremos en el siglo XVI á López de Gomara, que á mediados del siglo publicaba su Historia general de las Indias, en la que se ocupa, además de plantas y animales, de los minerales del Nuevo Mundo, y cuya obra, por cédula real se mandó recoger, prohibiéndose la venta y reim-

presión. Gonzalo Fernández de Oviedo, en su Historia general y natural de las Indias, descuella como mineralogista y geólogo, ocupándose de metales y minas, minerales, temblores de tierra, volcanes; exponiendo la hipótesis de la antigua unión de Europa, Asia, Africa y América. El jesuita José Acosta, al decir del P. Feijóo, fué el Plinio del Nuevo Mundo y trató en su Historia natural y moral de las Indias, de Mineralogía y Geología, describiendo con especialidad los terremotos de la región costera americana, que atribuyó á las aguas subterráneas. El Dr. Juan Cárdenas, en sus problemas y secretos maravillosos de las Indias, sostiene también la misma hipótesis sobre la causa de los temblores de tierra Fray Bernardino de Sahagún en su «Historia universal de las cosas de Nueva España,» da, mezcladas con cuentos y simplezas, noticias referentes á los minerales mexicanos, como piedras preciosas y metales, y se ocupa de los nombres que les daban los indios.

En el siglo XVII muy poco fué lo que adelantaron los conocimientos referentes á la geología y minería mexicanas, y sólo podemos citar á Herrera en 1615: en su historia general de los hechos de los Castellanos, cita la existencia de huesos gigantes, osamentas de elefante y mastodonte en Tlaxcala, México y Yucatán, y dice que Hernán Cortés envió algunos al rey de España desde los primeros años de la ocupación y conquista de México, y al P. Bernabé Cobo, que á fines del siglo (1695), en su Historia del Nuevo Mundo, se dedica al estudio de los productos histórico-naturales y al de los fenómenos meteorológicos y geológicos.

Fué el siglo XVIII mucho más fecundo que el anterior, y encontramos desde luego á Fr. Juan de Torquemada pu-

blicando su obra en 1723, titulada: «Veinte y un libros vibrales y Monarchia indiana,» tratando en ella de minas, volcanes, temblores, aguas termales y minerales. Pedro Alarcón, en sus Efemérides de 1724 á 1730 se ocupa de fenómenos séismicos.

A mediados del siglo XVIII, 1754, el famoso jesuita Padre Fray José Torrubia, en el primer tomo, único publicado, de su obra «Aparato para la Historia Natural de España,» en que hace la descripción de los productos naturales de la Península, consigna á cada paso multitud de hechos importantes referentes á petrificaciones y minerales encontrados por él y otros observadores, tanto en la Península como en América y Filipinas, y trae importantes noticias relativas á los volcanes americanos. Este notable naturalista y filósofo, se declara partidario del origen orgánico de los fósiles en una época en que éstos eran tenidos pōr juegos y caprichos de la naturaleza ó hijos de la influencia de las estrellas. Este sagaz observador, al combatir las ideas generalmente aceptadas en su época, dice en el párrafo 3.º: «Si la naturaleza jugó en su formación,[1] pudo haberlo hecho con más libertad. «Yo no sé, añade, cómo se sujetó á imitar (cuando jugaba) tan severamente las justas dimensiones, líneas y reglas que guarda en las generales producciones de los cuerpos marinos verdaderos. Ni tampoco sé por qué no juega en nuestros tiempos como dicen que jugaba antes.» Y más adelante dice: «Basta para ello parangonar con serio juicio de hombre honrado, todos los testáceos y demás piezas que en nuestros montes se hallan, con aquellos que en el distante mar se crían. Si la vista de la total

1 La formación de los fósiles

semejanza en los lineamientos de su superficie y convexidad del grosor, de la figura, de los contornos, de las divisiones, de las líneas, filos, relieves, nudos, suturas, y por toda la exterior configuración de nuestras piezas no decide victoriosamente por la identidad de ellas con las marinas, será preciso tolerar el argumento de los que quieren probarnos por los mismos principios, que algunos de los sujetos con quienes tratamos no son hombres, sino juguetes de la naturaleza.» Brillante argumentación que pone de manifiesto la claridad de ideas y precisión de observación de este sabio naturalista que hacen de él uno de los campeones ilustres que, anticipándose á su época, sostuvieron la verdadera naturaleza y origen de los fósiles. En el párrafo 10, con el título de «Gigantología española,» da una disertación sobre los documentos referentes á una pretendida raza de gigantes que hubiere existido al mismo tiempo en el viejo y en el nuevo mundo, y se refiere, como se comprende, á osamentas de elefantes, mastodontes y grandes cuadrúpedos.

Antonio de Alcedo, 1786-1795, en su «Diccionario geográfico-histórico de las Indias occidentales ó América,» habla de los minerales y terremotos de México. El jesuita Miguel Venegas, en su «Noticia de la California,» trae datos referentes á minerales, al oro de California y á los mares de la región.

Luis José Proust, en la última década del siglo XVIII, en los anales del Real Laboratorio de Química de Segovia, tomo I, único publicado, trata de minerales mexicanos, tales como: estaño, plata, los cobres del Perú y Nueva España y los succinos de Filipinas y México.

Mas este aparente retardo en el desarrollo de la geología se explica fácilmente, si se atiende, por una parte, á que la educación universitaria de aquella época, en España como en todo el mundo, siguiendo la diferenciación de los conocimientos de las primitivas universidades, que motivó la creación de las facultades, se concretaba respectivamente al estudio de la Teología, de la Medicina y del Derecho, que por tanto tiempo asumieron un aire de superioridad sobre la más modesta de las Facultades: la Facultad de ARTES, aunque ésta sostuviera siempre su supremacía fundamental ó científica; y por otra parte, explícase también este retardo, porque la Geología, apenas había servido, hasta entonces, para proporcionar caprichosos temas, algunos de excepcional importancia, á las discusiones de los filósofos, en tanto que la Mineralogía, ciencia muy joven, se hallaba en esa época formando parte todavía de ese conjunto grotesco y extravagante que caía bajo los extensos dominios de la fecunda Alquimia.

Cuando apenas la Mineralogía y la Geología empezaban á conquistar su autonomía, España, como madre amantísima y celosa conquistadora, secundando la iniciativa de un ilustre sabio mexicano, el Sr. D. Joaquín Velázquez Cárdenas y León, y de un distinguido español, el Sr. D. Juan Lucas de Lassaga, que, á nombre de la minería de Nueva España, indicaban, entre las maneras más eficaces de satisfacer las necesidades del gremio de mineros, la creación de un Colegio Metálico, se apresura, para la instalación é inauguración de este Colegio, que se llamó Real Seminario de Minería, á mandar á la más querida de sus colonias, á la predilecta entre sus hijas americanas, á los modestísi-

mos sabios que formaron el primer cuerpo de profesores, y á los cuales, para integrarlo, vino á unirse años después el sabio mineralogista y distinguido naturalista, D. Andrés Manuel del Río, designado por el Rey de España para que transplantase el fecundísimo seno de esta inagotable productora de plata que se llamó Nueva España, la planta tierna y delicada que, como brote natural de la imperecedera de Freiberg, había cultivado con paternal cariño y sin igual esmero el Gobierno Español en la persona del mismo D. Andrés Manuel del Río, á quien había mandado, expensado, á recoger de los autorizados y elocuentísimos labios del ilustre Werner, la doctrina que en Sajonia fundaba Escuela, dotando á la Mineralogía de los rasgos que hoy constituyen sus más característicos é indispensables atributos.

Había llegado, pues, el momento de que, los tan variados cuanto interesantes y valiosos productos del mundo inorgánico mexicano, recibieran la atención á que su importancia los había hecho acreedores.

Y en efecto, el 27 de Abril de 1795, se abre modestamente, por el distinguido Profesor Don Andrés Manuel del Río, el primer curso de Mineralogía, con la asistencia de los alumnos: Don Casimiro Chovell, Don Francisco Alvarez, Don José Joaquín de Zárate, Don Vicente Herrera, Don José Mantilla, Don Manuel Cotero, Don Manuel Cueto, Don Félix Rodríguez, Don Vicente Valencia y Don Manuel Ruiz de Tejada, á quienes cupo la suerte de recibir las primicias del poderoso genio de del Río, y encabezar la numerosa lista de discípulos que este sabio tuvo en su largo profesorado de medio siglo.

Este acto, tan sencillo é insignificante en la apariencia,

es de una gran trascendencia, y tuvo una gran significación en la marcha progresiva, intelectual y material del país. Él significa para nosotros, desde el punto de vista del progreso material, el comienzo de una era, en la cual el empirismo de inteligencias incultas ha ido alejándose sin cesar de la dirección de los negocios mineros ó industriales que han formado nuestra riqueza nacional, para ceder el puesto á cerebros educados y completamente nutridos con una instrucción sana, que resume la experiencia sancionada por la observación ejercitada en las condiciones por la ciencia requeridas.

En cuanto á lo que á nuestro progreso intelectual importa, no significa solamente la inauguración del estudio de un conocimiento más, sino que inicia una era nueva: la del estudio de todos los tan útiles cuanto variados é interesantes conocimientos que al mundo inorgánico son relativos. Así la física y la química, poderosos é indispensables auxiliares para el estudio de la Mineralogía y la Geología, recibieron gran impulso al hacerse la enseñanza de estas ciencias de un modo experimental, y la Geología, el laboreo de Minas y la Metalurgia, encuentran ya sólido cimiento en las enseñanzas de del Río, que auguran que los esfuerzos no serán perdidos, sino que sólidas conquistas posteriores serán su recompensa.

La Geología fué llevada por el excepcional genio de Werner á la categoría de doctrina en su geognosia, verdadera geología empírica, en la cual él fundó la nomenclatura geológica. Durante este período del desarrollo de la geología que representa su fase cataclísmica, cuando los fenómenos geológicos se explicaban por catástrofes, el exclusi-

vismo de las teorías geológicas dió lugar á la escuela neptuniana ó de Werner y á la plutoniana ó de Hutton, y fué la primera de éstas la que extendió sus doctrinas en México por intermedio del sabio profesor del Río, quien siguió después las ideas de Humboldt.

Desde la apertura del Colegio de Minería comenzaron los estudios geognósticos del país, y con ellos la adquisición de conocimientos positivos de relativa exactitud. Debemos mencionar desde luego al sabio Profesor del Río, que, de 1795 á 1805, publica la primera edición de su admirable obra «Elementos de Orictognosia,» en cuyo segundo tomo publica la Introducción á la Pasigrafía geológica del B. Von Humboldt. Escribió un tratado sobre el Arte de las Minas, en el cual se ocupa de las nociones geognósticas que contribuyen á la determinación de los criaderos, fijando los principios y deduciendo las reglas prácticas para su aplicación.

Sus discursos leídos en los actos públicos del Colegio de Minería, sobre volcanes, vetas, y formación de las vetas, contribuyeron á extender las nociones adquiridas sobre tan interesantes asuntos.

En la traducción de las tablas de Karsten, da muchas noticias referentes á rocas mexicanas, unas pertenecientes á Humboldt, y otras que le son propias.

El Profesor Andrés del Río había hecho la observación antes que Humboldt, que los pórfidos de transición de Nueva España, tenían dos especies de feldespato, el común y el vidrioso. Observando Humboldt que el último era más abundante en la parte superior de los pórfidos de transición, á medida que se aproximan á los pórfidos traquíticos.

D. Andrés Manuel del Río, celoso por el adelanto de las ciencias, de cuya enseñanza estaba encargado, extractó en 1841 la Lethea gegnóstica de Bronn, y añadiendo á este extracto una reseña de la geología de los principales Reales de las Minas de México, sacada de los trabajos de Burkart, publicó un manual de geología para uso de los alumnos del Real Seminario de Minería, poniendo de esta manera al alcance de todos los que se dedicaban á la profesión de Ingeniero de Minas, los últimos adelantos de la época, impulsando por esto mismo el estudio de la Geología Mexicana.

Hace ya cien años que Alejandro Von Humboldt visitó México, recogiendo sus valiosísimas observaciones, que fueron publicadas en el transcurso de 1808 á 1854 en sus interesantes obras: «Ensayo Político de la Nueva España,» «Viaje á las regiones Equinoxiales,» «Pasigrafía ó Ensayo Geognóstico sobre el yacimiento de las rocas en los dos hemisferios,» «Volcanes y Cordilleras de Quito y México,» etc. Exploró el primero los volcanes mexicanos, y sus investigaciones sobre volcanes y temblores de tierra con sus generalizaciones sobre la acción volcánica, y las conexiones de los volcanes y los temblores de tierra, su disposición en grupos ó largas series, y su hipótesis de que los volcanes están cortados en fracturas que penetran á muy grandes profundidades de la costra terrestre, son todavía las ideas dominantes en México, en la mayoría de las personas que tratan de semejantes temas. En las minas mexicanas hace observaciones para determinar el grado geotérmico. Sus hermosas descripciones, y su clasificación de los tipos estructurales de la América tropical, contribuyen á fundar los principios de la Morfología terrestre.

Hace de México una descripción tan completa y detallada como era posible en su época, dando á conocer el relieve del suelo en sus cadenas de montañas, valles y ríos; trasa el cuadro físico de la mesa central y de sus vertientes á los dos océanos; define los elementos de relieve, estimando con exactitud su importancia, posición y dimensiones. El anuncia la idea de que la América del Norte y la del Sur deben ser consideradas como continentes distintos, entre los cuales interviene un tercer elemento: la América Central; idea que ha sido desarrollada después por Karl Von Secbach.

Determina la naturaleza de los llanos de México, que él considera con justicia como los lechos de otros tantos lagos que se sucedían en tiempos antiguos, separados por colinas de 200 á 300 metros. Describe los valles de México, Toluca, Actopan y Cuernavaca. Mide la altura de las montañas más elevadas del país.

En el ensayo geognosítico sobre la superposición de las rocas en los dos hemisferios, da en lugar de una clasificación de los agregados de rocas en graníticos, esquistosos, calcáreos y arenáceos, un bosquejo de la estructura gognóstica del globo, ó sea una tabla en la cual las rocas superpuestas se suceden una á otra, de abajo hacia arriba, como en las secciones ideales que él dibujó en 1804, para uso de la Escuela de Minas de México, que fueron publicadas con el título de Bosquejo de una Pasigrafía geognóstica, con tablas que enseñan la estratificación y el paralelismo de las rocas en ambos continentes.

Descubre el gneiss primitivo aurífero en el Estado de Oaxaca; el granito posterior al gneiss y anterior á la mica-

pizarra en la vertiente occidental de las Cordilleras de México en Papagallo y Moxonera, dotado de estructura porfiroide ó dividido en bolas con lechos concéntricos, ó dispuestos en capas de 7 á 8 pulgadas de espesor. Por su composición y estructura y su analogía con otros granitos estratificados de los elevados Andes del Perú, dice, «me inclino á creer que es más reciente que el granito primitivo.»

Considera como syenita primitiva la de Guanajuato, que según él, viene íntimamente ligada con los pórfidos y grenstones y pizarras de transición.

Encuentra la micapizarra primitiva en el E. de Oaxaca, y dice que entre Acapulco y Zumpango, el granito no está ya cubierto por el gneiss, sino por la caliza alpina en Alto del Peregrino y por pórfidos de transición de Moxonera á Acahuizotla. Una micapizarra destituida de granates y que pasa algunas veces á pizarra arcillosa, se encuentra en Tehuilotepec y Taxco, inmediatamente debajo de la caliza alpina. Esta es una pizarra metamórfica más joven que la que cita de Oaxaca, que es arcaica y los pórfidos de transición son andesitas y la caliza alpina es caliza cretácea de zona mesocretácica mexicana; pero la distribución y posición de las formaciones son exactas.

Como pizarra arcillosa primitiva ó filada considera la de Guanajuato, de la cual dice que en la pasta pasa á talco pizarra y clorita pizarra, mientras que en la parte superior se carga de carbón y contiene capas de serpentina syenita, encontrándose en el límite de dos formaciones contiguas. La verdadera edad de esta pizarra no es conocida, por falta de fósiles en ellas y no existen en la localidad sino

rocas eruptivas terciarias que no permiten fijar con aproximación la edad de estas pizarras; pero su analogía de posición, su estructura y su relativa proximidad á las pizarras de Zacatecas, hacen muy probable que sean contemporáneas y se podría determinar su edad cuando los geólogos del Instituto Geológico, que tienen en estudio el mineral de Zacatecas, terminen su trabajo, pues que allí han encontrado ellos fósiles que permitirán llegar á saber de qué período cuando menos son las pizarras.

La eufotida de transición la encuentra en Guanajuato ligada ya con la syenita, ya con la caliza negra.

Admite que los pórfidos de transición y traquitas de México, los Andes de Quito y del Perú son en estos países tan importantes por su volumen y su masa, como las micapizarras en las cadenas de montañas de Europa. Asentando que los pórfidos de transición y las syenitas de transición son también predominantes en Hungría y varias partes de la Noruega. Debiendo nosotros hacer constar que los pórfidos de Hungría son enteramente contemporáneos de los de México y pertenecen á los mismos grupos de andesita, lo cual prueba la sagacidad del sabio Barón de Humboldt, aun cuando la edad de estas rocas es mucho menor que la que él les asignaba, pues son del Terciario Medio y Superior.

Los pórfidos mexicanos que él llama de transición los considera metalíferos y los coloca inmediatamente sobre la pizarra arcillosa de transición, diciendo que en su parte superior los pórfidos pasan á fonolitas. Estas últimas son rhyolitas que pertenecen á erupciones diferentes en Guanajuato, que es donde él establece esta sucesión; pues que

entre Acapulco y México dice haber visto los pórfidos de transición directamente cubriendo al granito primitivo; en tanto que cerca de Atotonilco, los pórfidos de transición, dice, están cubiertos por caliza alpina, arenisca y yeso mezclado con arcilla. No conozco la localidad precisa y creo que hay un error en esta sucesión establecida por Humboldt.

Siguiendo á Sonneschmid y Valencia establece para Guanajuato y Zacatecas la siguiente sucesión de abajo á arriba: syenita de transición y pizarra arcillosa de transición con greenstone y piedra lídica (grauwacke), vacia gris y pórfido no metalífero. Considera con probabilidad que la pizarra arcillosa de Guanajuato con vacia gris, sea contemporánea de los pórfidos y syenitas del Perú.

En los pórfidos de transición del Valle de México distingue dos clases de feldespatos, común y vidrioso con cristales alargados, tomando este último más bien por un estado particular del feldespato común en los pórfidos de transición y traquitas más bien que una especie mineral. Encuentra en la presencia frecuente de la hornblenda y la falta de cuarzo cristalizado la manera de distinguir orictognósticamente muchos pórfidos de transición de los de formaciones primitivas.

Los pórfidos de transición de los Andes del Perú y México los encuentra á menudo cubiertos por traquita, que según los conocimientos petrográficos madernos, es unas veces andesita y otras rhyolita, más frecuentemente esta última.

De los pórfidos metalíferos de Pachuca y Real del Monte (pórfidos sin cuarzo comunmente cargados de hornblen-

da y feldespato común, se pasa á la traquita blanca con piedra perlada rhyolita perlítica), y obsidiana de Oyamel y Cerro de las Navajas hay pórfidos intermediarios, que unas veces considera como pórfidos de transición y otras como traquitas. Son fases diferentes de diferenciación del mismo magma que se presentan con graduales transiciones en la sierra de Pachuca. Véase Boletín del Instituto Geológico de México, núms. 7, 8 y 9. Añade que en medio de estos pórfidos metalíferos se observan capas en Villalpando, Gto., destituidas de hornblenda y con pequeños cristales de feldespato vidrioso, que no puede distinguirse de la fonolita de Biliner-Stein, Bohemia.

Después de haber establecido el paso insensible de los pórfidos metalíferos ó rocas que contienen obsidiana y piedra perlada, declara no poder establecer el límite entre los últimos que son aceptados como volcánicos y los pórfidos de transición, diciendo que es imposible decir respecto de estas masas que parecen oscilar entre los pórfidos de transición y las traquitas llamadas exclusivamente pórfidos volcánicos. Los pórfidos mexicanos los caracteriza por la tendencia á una estratificación regular (estructura pseudoestratiforme ó enlegos de los petrógrafos modernos) que muy raras veces se observa en los pórfidos de Europa, y habiéndolos encontrado unas veces sobre el granito primitivo en el Alto de los Cajones, Estado de Guerrero, Acahuizotla, y entre Zopilote y Zumpango, Gro., y otros sobre la pizarra arcillosa de transición en Guanajuato, se inclina á considerarlos como más jóvenes que las pizarras arcillosas de transición.

Entre Acapulco y la ciudad de México, Von Humboldt

distingue dos grupos de pórfidos: 1º, pórfidos de transición que comienzan un poco al Norte de Tierra Colorada, en el Valle del Río Papagallo, y aparecen después entre Moxonera y Zumpango y están cubiertos por areniscas arcillosas con fragmentos de traquita amigdoloides; 2º, pórfidos intermediarios que se extienden del Alto de los Caxones hacia Mexcala, soportando una meseta compuesta de caliza, arenisca y yeso, entre Mazatlán y Chilpancingo. Los pórfidos son las andesitas como hemos dicho ya, y la posición de los pórfidos intermediarios de Humboldt es á la inversa de como él la establece, es decir, que las calizas son las que soportan á los pórfidos y no éstos á las calizas; las areniscas arcillosas son los conglomerados volcánicos terciarios compuestos de elementos procedentes de las andesitas.

El grupo de pórfidos de Guanajuato es el que, según él, determina más claramente su edad relativa y permiten determinar la máxima antigüedad de los pórfidos mexicanos. Compara los pórfidos y syenitas de Ovejeras en Guanajuato con los de Arabia Petrea, con los cuales, dice, se asemejan de manera extraordinaria.

El conglomerado rojo de Guanajuato, que él llama arenisca roja, lo encuentra de una extrema semejanza con el rothe todtliegende de Mansfeld en Saxonia, y lo considera como Coal sandstone, estableciendo con justicia que el lozero viene superpuesto á la arenisca. Da la distribución de este conglomerado rojo en la parte del país que él visitó, así como también menciona la presencia de los criaderos de cinabrio en este conglomerado. La edad del conglomerado es más reciente que la que él le da, pues corresponde al Mioceno Superior y al Plioceno.

Al zechstein ó Pérmico superior refiere las calizas mexicanas que él conoció, llamándolas caliza alpina; toma como caliza jurásica la de la Hda. del Salto, Baten y Puerto de los Reyes, y dice que Sonneschmidt vió verdadera caliza de transición cerca de Zimapán, Xischu y Xacala. Declara que no se puede distinguir de la caliza jurásica la que se halla entre Zumpango y Tepecuacuilco, la de Temascatio, al SW. de Guanajuato, y la de otros puntos del centro de México.

Al hablar de la formación del Jorullo, dice que el 29 de Septiembre de 1759, sobre una mesa traquítica, distante del mar más de 36 leguas y lejos de todo volcán activo, montañas de 1600 pies salieron de una grieta y arrojaron lavas que contenían fragmentos graníticos. Todo alrededor una superficie de 4 millas cuadradas que, levantada en la forma de una vejiga y millares de pequeños conos (hornitos del Jorullo), compuestos de arcilla y bolas de basalto en lechos concéntricos, estaban desparramados en esta arredondeada superficie.

Tales son á grandes rasgos los puntos esenciales de las preciosas observaciones con que el genio inmortal del ilustre Barón A. von Humboldt, insigne naturalista y geólogo eminentísimo, contribuyera para fundar la geología de México, y las cuales han sido indicaciones preciosas para los geólogos venidos después de él.

Si bien es cierto que muchas de las ideas del sabio han sufrido modificaciones con el transcurso del tiempo y que la determinación de la edad absoluta de las formaciones que él estudió en México resultan erróneas, pasma, sin embargo, cómo el vigoroso poder de observación de este ge-

nio excepcional pudo llevarle con tanto acierto á la determinación, por medio de comparaciones petrográficas, de la edad relativa de todas nuestras formaciones estudiadas en el corto transcurso de un año, y cuando los términos de comparación eran tomados, ya de la América del Sur, ya de la vieja Europa, y esto en una época en que la ciencia misma estaba en sus comienzos y en que todavía la estratigrafía no estaba desarrollada. Los errores que cometió no son suyos, son de la ciencia misma, y corresponden á una de las fases del desarrollo de la ciencia, dentro de la cual él se mantuvo siempre estrictamente.

A estos trabajos siguieron los de Berghes, que en 1827 formaba en compañía de F. von Gerolt una carta geognóstica de los principales distritos mineros del antiguo Estado de México, que comprendía los actuales Estados de México, Guerrero, Hidalgo y Morelos, iniciándose así la cartografía geológica mexicana.

De esta índole, pero más completos y acabados, fueron los trabajos de Burkart, que aparecieron en 1832 y 1836 con los títulos respectivos siguientes: Geognostische Bemerkungen gesammelt auf einer Reise von Tlalpujahua nach Huetamo, dem Jorullo, Pátzcuaro und Valladolid, im State von Michoacán, y Aufenthalt und Reisen in México in den Jahren 1825 bis 1834, que revelan dotes especiales de observación y conocimiento sobrados de la geología de la época, especialmente en su aplicación á la explotación de las minas con una carta geológica de la Sierra de Zacatecas.

En esta obra se encuentran notas muy interesantes, relativas á la constitución geológica de los distritos mineros

que él visitó, y muchas de sus observaciones sobre las relaciones de las rocas son todavía de bastante utilidad.

Notable es el trabajo de Burkart por la exactitud de sus observaciones y la precisión relativa con que deslinda en su carta geológica de Zacatecas, las seis formaciones que él distingue en esta sierrita, á saber: esquistos, diorita, feldstein, areniscas rojas, rocas traquíticas y caliza moderna, y cuyas relaciones de yacimiento manifiesta en los cortes que acompañan á la carta.

En 1834, mientras se publicaba la obra de Burkart, apareció la descripción de la Serranía de Zacatecas, de D. José M. Bustamante, trabajo descriptivo bastante interesante, que fué aumentado y completado con planos, perfiles y visitas por C. de Berghes.

En la época en que se imprimió la obra de del Río, aparecían en el Boletín de la Academia Real de Bélgica, los resultados de las exploraciones de los viajeros Nyst y Galeotti, que inician en México los estudios de Geología histórica, apoyados en la determinación de los fósiles recogidos, y en los cuales, trataron de paralelizar ó correlacionar nuestras formaciones sedimentarias con las del viejo mundo.

Galeotti publica en 1837 su viaje al Cofre de Perote; en 1838, Noticia geológica de los alrededores de San José del Oro, con una carta geognóstica de Zimapán á México; Noticia sobre un yacimiento de mercurio en el suelo terciario reciente del Gigante, en México; y en 1839, ojeada sobre la laguna de Chapala, con notas geognósticas y noticia sobre la caliza cretácea de los alrededores de Jalapa, con un corte que muestra la estratigrafía de la región, y además, la descripción de un foraminífero cretácico.

Asociado con Nyst, Galeotti da á luz en 1840, en el Boletín de la Academia Real de Bélgica (t. III), el estudio sobre algunos fósiles de la caliza jurásica de Tehuacán; fósiles que revisados por d'Orbigny, fueron referidos por él al piso senoniano del Sistema Cretácico, determinación también errónea, pues que son urgoaptianos.

Estos trabajos los podemos reputar como los primeros geológico-paleontológicos serios y de valor científico, pues antes de ellos sólo se habían publicado trabajos geognósticos ó descriptivos. Ellos dan á conocer por primera vez el Cretáceo de cerca de Xalapa, Veracruz, y se aproximan en la determinación de la edad de las pizarras de Tehuacán.

En 1843, Saint Clair Duport, dió á luz su obra: «De la producción de los metales preciosos en México;» en cuya excelente obra hace una exposición bastante detallada de la geología de todos los principales Distritos mineros de la República, discutiendo todos los datos consignados en las obras aparecidas antes de la fecha de publicación de la suya.

A. Wislizenus, en 1848, da á conocer sus observaciones sobre la geología del Norte de México, hechas durante los años de 1846 á 1847, publicadas en su obra: «Memory of a tour to northern Mexico, connected with Colonel Doniphan's Expedition.»

Deshayes, en 1853, en el Bulletin de la Société Geologique de France, da la clasificación de moluscos fósiles terciarios de las inmediaciones de Mérida, entre los cuales describe varias especies, y fundándose en sus determinaciones, refiere la formación en que han sido encontrados

los fósiles al Terciario medio, edad que ha sido rectificada por los estudios posteriores, pues que dicha formación pertenece al Mioceno, y abraza la cima del Mioceno y base del Plioceno.

En 1853, Don Pascual Arenas, profesor de la Escuela Práctica de Minas del Fresnillo, publica una interesante descripción geológica y minera del Mineral del Fresnillo, bastante completa para su época en su parte estratigráfica, y acompañada de un plano de las principales vetas del Mineral del Fresnillo, y varios cortes geológicos del Cerro de Proaño.

John Russel Bartlett, comisionado por el Gobierno de los Estados Unidos para el trazo de la línea divisoria con México, publica en 1854 la narración de sus exploraciones en Texas, Nuevo México, Sonora y Chihuahua, en los años de 1850 á 1854, con datos sobre la geología de esta interesante región fronteriza.

Al publicarse en 1857 la memoria del Mayor Emory, jefe de la comisión americana encargada de trazar los límites entre México y los Estados Unidos, aparecieron los trabajos de James Hall sobre la Geología y Paleontología de la línea divisoria, que se extienden á una zona bastante ancha de los Estados fronterizos mexicanos. Antes de estos trabajos, en 1855, A. Schott había publicado un estudio de la cuenca cretácea del río Bravo del Norte, y en la misma obra de Emory, publica sus observaciones geológicas sobre la pendiente plutovolcánica de la Sierra Madre, á lo largo del azimut de la línea divisoria, atravesando el Noroeste de Sonora; además, la geología del Colorado Inferior, y observaciones geológicas de la región de la línea

divisoria, entre el meridiano 111 y el punto inicial en el río Colorado, y un bosquejo de la geología del río Bravo del Norte en su tramo inferior.

En esta misma memoria, el Profesor Th. Conrad, describe y figura los fósiles cretáceos y terciarios encontrados en el trazo de la línea divisoria, indicando las especies recogidas en territorio mexicano. Contingente muy interesante para la determinación de muchas calizas de los estados fronterizos, que habían sido consideradas como carboníferas, y en las cuales se encuentran los fósiles cretáceos descritos por Conrad. Es este el contingente más serio que recibe hasta entonces la naciente paleontología mexicana.

El Baron F. W. von Egloffstein, compilando noticias anteriores, especialmente aprovechando los trabajos de F. von Gerolt, publica su obra: «Contributions to the Geology and Physical Geography of Mexico;» en la cual da un mapa topográfico y otro geológico de la parte central de México, en donde se hallan los principales Distritos de Minas, con perfiles entre los principales minerales de la República, y finalmente, una descripción de una ascensión al Popocatépetl.

Virlet d'Aoust, en el «Bulletin de la Société Geologique de France,» y en «C. R. de l'Academie des Sciences,» de 1857 á 1876, publica varios trabajos, entre los cuales, son de mencionarse por su importancia: «Coup d'œil sur la topographie et la geologie du Mexique et de l'Amerique Centrale,» en el cual hace una extensa descripción de la orografía del país, distinguiendo una Sierra Madre Oriental y una Sierra Madre Occidental, y considera ésta como compuesta de las siguientes: 1ª, Sierra de Cuernavaca y

Huichilac; 2ª, Sierra de Guanajuato ó del Gigante; y, 3ª, Sierra Madre de Durango y Zacatecas, y agrupa todas las sierras mexicanas en un sistema de montañas, que él llama sistema de Anáhuac, cuya dirección y edad fija siguiendo las ideas de Elie de Beaumont, entonces en voga. Se ocupa también de los terrenos basálticos, de los fenómenos volcánicos y del origen de los volcanes, con descripciones, datos y alturas de varios volcanes y malpaíses. Consagra un capítulo á los granitos y pórfidos metamórficos de origen secundario y terciario en México, considerando entre estas rocas, las rocas eruptivas terciarias de San Luis, Zacatecas, Sombrerete, Guanajuato, Tasco, Pachuca, etc., reconociendo tres zonas que divide en cuatro pisos principales, á saber: A. Pórfidos gruesos, pardo castaño claro; B. Pórfidos traquíticos porosos, grises ó blanquizcos (piedra de cantera); C. Pórfidos grises blanquizcos, comunmente cuarcíferos; y D. Pórfidos de diversos colores, generalmente compactos.

Desarrolla sus ideas relativas á la transformación de los conglomerados rojos, brechas, y areniscas terciarios de diversos granos, en pórfido por metamorfismo, y sostiene que se observan los pasos de pórfidos metamórficos á los granitos del Gigante, Peñón Blanco, etc., que son dioritas, monzonitas más antiguas que las rhyolitas y andesitas que él declara pórfidos metamórficos. Declara que las rocas graníticas del cerro de San Cristóbal en el mineral de Guadalcázar, son la transformación metamórfica de las masas arcillosas que alternan con las areniscas cretáceas, sugiriendo para las rocas granitoides y syeníticas de San José del Oro y la Encarnación, un origen análogo.

Finalmente, deduce de sus estudios sobre los pórfidos que él llama metamórficos, y de la relación de éstos con los filones metalíferos, que éstos que eran considerados como muy antiguos, son, por el contrario, muy modernos, más recientes que los pórfidos, cuyo metamorfismo atribuye á la formación de los filones.

El otro trabajo interesante de Virlet d'Aoust, es el titulado: «Observations sur un terrain d'origin meteorique ou de transport aerien qui existe au Mexique et sur le phenomene des trombes de poussiere auquel il doit principalment son origine,» en el cual describe el transporte de cenizas volcánicas, alteradas ó descompuestas por los remolinos que tan frecuentes son en la mesa central, pero cuya importancia como agentes geológicos exagera.

Jules Marcou, en 1867, publica sus notas geológicas sobre las fronteras entre México y los Estados Unidos, haciendo la determinación de la edad de algunas formaciones mexicanas.

En el mismo año se dan á conocer en los archivos de la Comisión Científica de México, los trabajos de los geólogos franceses Dollfus, A. E. de Monserrat y P. Pavie, sobre los volcanes de Colima y de Toluca; estudio del Distrito Minero de Sultepec, con cortes geológicos de Toluca á Tenayac; de Tejupilco á Ixtapa de la Sal, y de Zacuálpan á Temascaltepec; observaciones geológicas hechas en el trayecto de México á Veracruz, con un perfil geológico de México á Veracruz, pasando por Puebla y Orizaba; una ascensión al Popocatépetl, con un corte geológico de México á la cima de dicho volcán, y varias memorias y notas geológicas con cortes geológicos de Noalinco á Huatuxco,

de Perote á Tehuacán, de Tehuacán á Puebla, y finalmente, carta geológica del Distrito minero Zomelahuácan en Veracruz.

En 1867 Guillemin Tarayre, de la Misión Científica de México, rinde al Ministro de Instrucción Pública de Francia, un informe sobre la exploración mineralógica de las regiones mexicanas. Este mismo autor ha publicado una exploración orográfica de México, y un corte geológico de México de Este á Oeste.

W. M. Gabb ha publicado, de 1869 á 1872, estudios sobre los rasgos físicos y geográficos de la Baja California; descripción de fósiles cretáceos de Sahuaripa en Sonora y del Norte de Chihuahua, y notas sobre la Geología de la Baja California, con descripción de fósiles terciarios de algunas localidades de la misma.

Los excelentes trabajos de Gabb, notables por la exactitud de las determinaciones paleontológicas, lo son también por la determinación y correlación de los horizontes geológicos, y constituyen uno de los más sólidos contingentes para el adelanto de la geología mexicana.

James P. Kimball ha descrito, en 1869, la geología de una parte septentrional de Chihuahua; en 1870 publicó un trabajo sobre la edad cretácea de los depósitos argentíferos de Chihuahua, y publicado más tarde, en 1882, una noticia de la geología de la Huasteca, con el estudio de los yacimientos de Grahamita de esa región.

Kimball fué el primero que determinó la edad de las calizas de las montañas del Norte del Estado de Chihuahua, declarándolas cretáceas y no paleozoicas, como las habían considerado Wislizenus, Hall y otros.

J. C. Spear, Naturalista de la Comisión Americana encargada del estudio del Istmo de Tehuantepec, en la memoria rendida por esta Comisión y publicada en 1872, da una reseña mineralógica y litológica con un mapa geológico del Istmo en toda la región explorada.

11. Hasta aquí la geología mexicana se ha venido desarrollando, en su mayor parte, por el contingente de trabajadores y sabios extranjeros que han explorado diferentes partes del país; mas, á partir de 1872, la actividad de los exploradores y sabios mexicanos se despierta de improviso, y, tanto por el esfuerzo de particulares, como por el de comisiones nacionales y de algunos de los Estados de la República, la geología alcanza en lo de adelante un notable perfeccionamiento.

12. De 1872 á 1886 el Sr. Don Santiago Ramírez da á luz numerosos trabajos, entre los cuales citaremos: «Apuntes geognósticos, mineralógicos y geográficos sobre el Mineral del Oro;» «Apuntes sobre la formación mineralógica y geológica del Distrito minero de San Nicolás del Oro;» «Hipótesis geognóstica sobre la distribución de los metales preciosos en sus criaderos;» «Informe que, como resultado de su exploración en la Sierra Mojada, rinde al Ministerio de Fomento;» «Informes rendidos al Ministerio de Fomento sobre yacimientos carboníferos de los Estados de Puebla, Veracruz, Michoacán, Tlaxcala,» y «Noticia histórica de la riqueza minera de México.» Asociado al Sr. Bárcena, publicó el Sr. Ramírez un informe sobre el fenómeno geológico de Zochitepec; en compañía del Sr. Juan N. Cuatáparo publica, como resultado de los trabajos de la Comisión Geológica del Estado de México, en 1875, una memo-

ria para la carta geológica del Distrito de Zumpango de la Laguna, y la descripción de un mamífero fósil de especie desconocida perteneciente al género Glyptodon, encontrado entre las capas terciarias de Tequixquiac en el Distrito de Zumpango. En compañía de V. Reyes, rindió un informe sobre los volcanes de Agua Fría y Jaripeo, en Michoacán.

La toba fitolitaria (tiza) del valle de Toluca, compuesta, como su nombre lo indica, de esqueletos silizosos de algas microscópicas de la familia de las Diatomeas, fué objeto de un trabajo clásico de C. G. Ehrenberg, en el cual descubrió 47 especies, además de otros publicados con anterioridad en 1866 y 1869.

El Sr. Bárcena, en el mismo período, dió á conocer el resultado de sus estudios geológicos del país en las siguientes interesantes publicaciones: «Memoria del Profesor de la práctica de Geología en la Escuela Nacional de Ingenieros;» Orología: «Estudio sobre los pórfidos cenozoicos de México;» «Los terremotos de Jalisco;» «Datos para el estudio de las rocas mesozoicas de México;» y otros muchos trabajos interesantes: «Viaje á la Caverna de Cacahuamilpa;» «Noticia científica de una parte del Estado de Hidalgo;» Noticias Geológicas del Estado de Aguascalientes;» «Informe sobre el estado actual del volcán de Colima;» «Estudio del terremoto del 17 de Mayo de 1879;» «Noticia geológica del Valle de Guadalajara;» «Noticias Geológicas de algunos caminos nacionales;» «Apuntes relativos á la geología del Estado de Jalisco.» El más importante de sus trabajos, por lo que respecta al adelanto de la geología mexicana, es el llamado: «Datos, etc.,» pues en él da á conocer la importancia del sistema Cretácico en México, su

vasta distribución en el país, y algunos de los fósiles más característicos que, desgraciadamente, identificó algunos de ellos con fósiles jurásicos del viejo mundo, lo cual introdujo cierta confusión en sus trabajos. En este trabajo describe algunas especies nuevas de fósiles cretáceos y una de Lias.

El Sr. Agustín Barroso, como resultado de los trabajos de la Comisión encargada del reconocimiento del Istmo de Tehuantepec, publicó una memoria sobre la geología de dicho Istmo, con una carta geológica á la escala 1.500,000.

En 1875 los Sres. M. Iglesias, M. Bárcena é Y. Matute, comisionados por el Gobierno Federal, rinden un informe sobre los temblores del Estado de Jalisco y erupciones del volcán de Ceboruco. El Profesor J. S. Newberry, en «Report of the Exploring Expedition from Santa Fe, New Mexico, to the Junction of the Grand and Green Rivers of the Great Colorado of the West in 1859 under the command of the Capt.» J. N. Macomb describe los primeros fósiles triasicos mexicanos, pertenecientes al Triasico Superior. Los fósiles son plantas colectadas por Augusto Remond de Corbincan y M. Hartley; describe catorce especies, de las cuales nueve son nuevas. Algunas son idénticas á las encontradas en los estratos triasicos de Olbiquiu New Mexico. Las localidades sonorenses son Los Bronces y río Yaqui, en el que pasa al Este de los Bronces. Refiere la formación de los Bronces á las encontradas en Richmond, Virginia, y la Carolina del Norte.

El Sr. Cuatáparo J. N. publica en este mismo período: «Ligera exposición geológica relativa al Valle de México;» «Breves observaciones sobre los acontecimientos plutóni-

cos en México;» «Origen probable de los ruidos subterráneos y terremotos de Guanajuato;» «El hundimiento de Guanajuato.»

En 1883, M. Urquiza, comisionado por el Gobierno General, rinde un informe sobre su exploración del Distrito de Coalcomán; antes, en 1872, el mismo autor había publicado un estudio acerca de la probabilidad de una erupción volcánica en Sierra de Ucareo, Michoacán. En 1885, el Sr. M. Anda presentó al Ministerio de Fomento, como resultado de la comisión que se le dió, un informe relativo á la exploración del Distrito de Coalcomán, Michoacán; publica este mismo autor algunos artículos relativos al carbón de piedra mexicano, al petróleo de México, á los recursos minerales de México, y sobre la génesis de las vetas metalíferas.

E. Cope publica, de 1884 á 1886, sus artículos: «The extiuct Mamalia of the Valley of Mexico,» en que clasifica y describe algunas especies nuevas entre los restos de vertebrados fósiles del valle, describe una especie nueva de Mastodón, dos de Equus, é identifica doce especies descritas con anterioridad.

En su «Report on the coal deposits near Zacualtipan in the State of Hidalgo,» y en «The Loup Fork Miocene in Mexico,» refiere la formación lignitífera de Zacualtipan y Tehuichila á la división Loup Fork que él considera como la cima del Mioceno, y describe dos especies nuevas entre los vertebrados que se encuentran en las capas de lignitas, y en «The Phylogeny of the Camelidae» menciona dos especies de México.

La geología de una parte de la zona limítrofe de México con Guatemala, fué primeramente estudiada por J. C.

Manó, Comisionado por el Supremo Gobierno de Guatemala para estudiar la República bajo el punto de vista mineralógico, quien presentó á la Secretaría de Fomento de dicha República, en 1883, tres informes. En el primer informe, titulado: «Cuenca geológica y mineralógica del Departamento de Huehuetenango,» describe la formación calcárea de dicho Departamento, la cual, dice, se extiende en territorio mexicano hasta 3 leguas al Norte de San Francisco Motozintla y al Municipio de Nenton. Esta formación, que había sido considerada de edad jurásica por los autores que se habían ocupado de ella, él la refiere al Paleozoico, citando las especies fósiles siguientes: *Fenestella retiforme, Fenestella patula, Ptylopora pluma, Spirifer striatus, Spirifer macropterus, Rhynchonella camarophoria,* considerándola más adelante como carbonífera, y refiere al Triásico (New Red Sandstone), la arenisca roja que corona á esta caliza en Rosario, crestas de Todos Santos, cerca del pueblo del mismo nombre, etc.

Menciona, de cerca de la frontera mexicana, entre Cuilco y Canibol, un granito estanífero, transformado en kaolin, y conteniendo poco estaño. Es la primera localidad mexicana que se haya conocido con criaderos de estaño antiguos. Cita también esquistos micáceos y gneiss. Debajo de la caliza, dice encontrarse un conglomerado rojo granítico y areniscas rojas que refiere á la vieja arenisca roja (Old Red Sandstone).

En 1886, el Sr. Joaquín M. Ramos, asociado al Sr. Ramírez Santiago, como miembros de la Comisión Minera del Estado de México, publicaron su interesante estudio titulado: «Memoria para el estudio minero del Distrito de

Ixtlahuaca.» En el mismo año, el Sr. Ramos, como Jefe de la Comisión Exploradora de la Baja California, publica el resultado de los trabajos ejecutados por dicha Comisión el año de 1886, describiendo la geología y la importancia industrial de la región en que se encuentran los placeres de Calamahi. En esta misma publicación aparece el informe geológico minero del Sr. E. Martínez Baca, referente á los placeres auríferos de Calamahi.

Con estos trabajos termina el período de comisiones transitorias del Gobierno Federal, destinadas al estudio de determinados fenómenos geológicos, y convencido nuestro Gobierno de las ventajas que para el desarrollo de numerosas industrias tendría el conocimiento del suelo del país, fundó en 1888 una Comisión Geológica, encargada de formar una carta geológica y otra minera de la República, entretanto el Congreso General resolvía sobre la iniciativa del Secretario de Fomento para la organización de un Instituto Geológico Nacional. Es de justicia reconocer aquí la empeñosa iniciativa del Sr. A. del Castillo, y la entusiasta acogida que la idea de la creación del Instituto encontró en la ilustración del Sr. General Carlos Pacheco, Secretario de Fomento, así como la protección decidida del señor Presidente de la República, General Porfirio Díaz.

A. del Castillo, en la segunda mitad del siglo pasado, y en diferentes publicaciones, ha dado á luz artículos referentes á mineralogía, geología minera, y algunos á la geología paleontológica. Los más importantes por su influencia en el conocimiento y adelanto de la geología mexicana, son: «Nota sobre el corte geológico de Mazatlán á Durango,» «Adelantos de la Geología y Paleontología del Valle

de México,» «Paleontología y Geología del Valle de México,» «Cortes geológicos de pozos artesianos,» «Säugethierreste aus der Quartär-Formation des Hochthales von Mexico.»

Su mejor contingente para el adelanto de la geología en México, fué la fundación de la Comisión Geológica primero, y después la del Instituto Geológico, que fueron creados por su iniciativa é influencia, habiendo sido él Director de las dos instituciones, y por consiguiente, es de atribuírsele la dirección de los trabajos mientras estuvo él al frente. En otra parte de esta reseña, se verán los trabajos hechos bajo la dirección de A. del Castillo.

R. Owen, en 1869 y 1870, describe algunos de los caballos fósiles del Valle de México, y una llama fósil de Tequixquiac.

De 1881 á 1891, el Doctor White, con sus interesantes publicaciones, ha contribuido poderosamente al adelanto de la geología mexicana. En 1881 describe un gastrópodo del Cretáceo de Zapotitlán, en el Distrito de Tehuacán, Puebla. En 1883, al publicar sus observaciones sobre la fauna de moluscos, y la extensión geográfica del grupo Laramie, menciona la existencia de este piso en México en el Estado de Nuevo León, y enumera las siete especies siguientes, colectadas por J. F. Gardiner: *Ostrea Wyomingensis* Meek, *Anomia micronema* Meek, *Modiola regularis* White, *Corbula subundifera* White, *Corbicula ceytheriformis* Meek and Hayden, *Odontobasis buccinoides* White, y *Melania Wyomingensis* Meek. Considera la fauna de Nuevo León como idéntica á la fauna de moluscos del Laramie de la Serie Bitter Creek, tal como ésta se encuen-

tra en Rocks y Black Buttes en el Wyoming meridional que se hallan á más de mil millas de la localidad mexicana.

En el número 22 del Bulletin of the U. S. Geological Survey, titulado: «On New Cretaceous Fossils from California,» describe un género nuevo, y cuatro especies nuevas de moluscos cretáceos mexicanos, procedentes de la Ensenada de Todos Santos, Baja California, que fueron enviados al Museo Nacional de los Estados Unidos, por Mr. C. R. Orcutt, que los colectó. Refiere la formación de Ensenada á las Capas de Wallala, situadas entre el grupo Chico y el grupo Shasta. Las especies que describe son: *Coralliochama Orcutti* White (nov. gen y nov. sp.), *Trochus (Oxystele) euryostomus* White, *Nerita* sp? *Cerithium Pillingi* White, y *Cerithium Totium sanctorum* White.

Describe en el volumen 33 de la tercera serie del «American Journal of Sciences,» la extensión que en la cuenca del río Sabinas tienen el Laramie y Fox Hills, diciendo que el primero lo ha reconocido en Coahuila, al Norte, y cerca del pueblo de Sabinas, extendiéndose al SE. por unas 40 millas. Refiere al Laramie el carbón de San Felipe, y al Fox Hills el de Piedras Negras, indicando la presencia de este subpiso en Nuevo León.

En su artículo «On the relation of the Laramie Group to earlier and later Formations,» dice haber reconocido los estratos del Eoceno, desde Laredo hasta unas veinte millas en dirección á Lampazos; después, los detritus que cubren á los estratos no le permitieron descubrir el Eoceno hasta las inmediaciones de Lampazos. Unas cuantas mi-

llas al Norte de Lampazos, el Laramie, con sus fósiles característicos, no deja duda de que en México, como en Texas, éste está cubierto por el Eoceno.

Discute las relaciones del Cretáceo Inferior del Norte de México en su artículo: «The Lower Cretaceous of the Southswest and its relation to the underlying and overlying formations,» y menciona la Sierra de San Carlos, 75 millas al SE. de Presidio del Norte, Chihuahua, como compuesta de caliza azulada que lleva desde la base á la cima fósiles característicos de la Serie Comanche; teniendo una potencia total de 4,000 pies, á los cuales se pueden añadir otros 500 pies de estratos semejantes, que yacen concordantes debajo, pero cuyos fósiles mal conservados, no dan la seguridad de que pertenezcan á esta serie cretácica.

Al correlacionar las diferentes divisiones del Cretáceo de América del Norte, el Dr. White establece los límites de lo que él llama Región Mexicana Septentrional, que se extiende al W. y SW. de la región texana, que se encuentra principalmente en territorio mexicano, pero que también comprende una parte del W. de Texas, y otra del S. de Nuevo México y del S. de Arizona. Los límites de esta región son: al Sur, provisionalmente, el paralelo 26°, hasta cerca de la boca del Río Grande; al E., el Río Grande hasta la confluencia del Pecos, y de aquí hasta cortar el paralelo 33°, al Norte este paralelo, y al W. la costa oriental del Golfo de California, y el río Colorado en el tramo comprendido entre su desembocadura y el paralelo 33°.

Describe la topografía de esta gran región como compuesta del valle del río Grande, numerosas sierras en la parte oriental, y una gran altiplanicie que ocupa la porción central.

Reconoce en esta región las series superior é inferior del Cretáceo; la primera, representa todo el Cretáceo Superior, tal cual se encuentra en el W. de Texas, es decir, desde Dakota á Laramie; la serie inferior sólo está representada por la Serie Comanche del Cretáceo de Texas.

Considera el Cretáceo de Arivechi, descrito por Gabb, como perteneciendo en parte á la Serie Comanche, y en parte al Cretáceo Superior. Opina que la Serie Comanche está bien desarrollada en el Estado de Coahuila, en donde el Cretáceo Superior está igualmente desarrollado. La localidad más importante en donde está manifiesto el Cretáceo Inferior, es la Sierra de San Carlos, al SE. de Presidio del Norte, en el Estado de Chihuahua. En un corte que da de la Sierra de San Carlos, representa el Cretáceo de la Serie Comanche, descansando sobre cuarcitas presilúricas, y éstas, á su vez, sobre rocas arcaicas, estando cubiertas de la Serie Comanche por estratos que por sus fósiles pertenecen á la base del Cretáceo Superior, y los cuales tienen un espesor de 5,000 pies.

Hace notar que en la región mexicana, como en el W. de Texas, no hay separación definida de las formaciones que se observan en el Este de Texas en el Cretáceo Superior; así la formación de Timber Creek, que en Texas representa á la división Dakota, no es reconocible. El Laramie pasa tan insensiblemente á la formación inferior, que se ha tomado como límite inferior el cambio en la fauna de agua salada á agua salobre.

Las formaciones claramente reconocibles, dice, son las capas de Eagle Pass en el río Grande, en el valle del río Sabinas y en el Estado de Chihuahua. La base del Cretá-

ceo Superior se encuentra en Sierra de San Carlos y otros lugares del Estado de Chihuahua. La Serie del Cretáceo Superior, cerca de Presidio del Norte, alcanza 5,000 pies, sin incluir el Laramie. El conjunto del Cretáceo en la región mexicana del Norte, es de 10,000 pies.

El Laramie tan característico de esta región, se encuentra en los Estados de Chihuahua, Coahuila y Nuevo León.

La geología de la Baja California es deudora á Lindgren de valiosísimos contingentes para su adelanto, que el autor ha publicado en los años de 1888 á 1891, referentes con especialidad á la petrografía, y también á la geología general de la Península. Lindgren divide los rasgos topográficos de la sierra de la Península de Baja California, en: 1. Sierra de la costa ó primer block orográfico. 2. Valles interiores, serie de depresiones que ocupan el centro de la cadena; y 3. Sierra costera ó segundo block orográfico.

Las publicaciones de R. T. Hill, tan conocedor del Cretáceo de Texas, han arrojado mucha luz en lo que concierne á las relaciones del Cretáceo mexicano de los Estados fronterizos, y el Cretáceo de Texas, en su artículo «The cretaceous formations of Mexico and their relations to North American geographic development.»

Clasifica las formaciones geológicas de México en cuatro grupos generales: 1.° Las rocas precretácicas, que están más ó menos completamente cubiertas por el Cretáceo. 2.° Las dos formaciones marinas cretácicas que constituyen las rocas dominantes en la estructura de las montañas. 3.° Las rocas eruptivas terciarias; y 4.° Las rocas detríticas.

La formación cretácea inferior la denomina «mountain, limestone,» denominación inconveniente por haber sido empleada ya para distinguir una parte del Carbónico de Inglaterra é Irlanda, equivalente al piso Berniciano; subdivide esta «mountain limestone,» siguiendo á Felix y Lenk, en caliza de Hippurites y caliza de Monopleura, declarando que en dicha «mountain limestone,» él ha reconocido todas las grandes subdivisiones de la Serie Comanche de Texas. Trata de establecer las relaciones homotáxicas de la Serie Comanche en México y Texas, y hace frecuentes referencias á su equivalencia con capas de Cretáceo europeo. Hace una reseña de la historia y extensión de la sedimentación Comanche, y termina dando un cuadrc en que da las equivalencias de las formaciones mexicanas y las de los Estados Unidos, y sus relaciones homotáicas con las europeas.

Merecen especial mención los trabajos: «Geographic and Geologic features of Mexico and their relation to the mineral products,» y «Report upon the Geology and Mineralogy including all mines of the Santa Rosa Mineral Zone.» En la primera divide fisiográficamente á México en cuatro provincias geográficas: 1.ª La llanura costera del Golfo. 2.ª La de cordilleras y meseta. 3.ª La Sonorense; y 4.ª La Tehuantepecana. Al hacer la descripción de cada una de estas provincias geográficas, da algunos datos relativos á su geología y á sus productos minerales. En la última, hace la descripción geográfica de la Zona minera de Santa Rosa, describiendo la Sierra como una porción de las Montañas Rocallosas, subdividiéndola en: Sierra Grande, Sierra Chiquita y Lomitas, y en la llanura distin-

gue el valle del río Sabinas y el del río Grande, las masas basálticas, las terrazas de conglomerado y las lomitas. Da en seguida la estructura geológica de la Zona en sus diferentes partes ya mencionadas con cortes y planos, y después se ocupa del origen de los depósitos minerales, haciendo de ellos apreciaciones relativas á su importancia industrial.

Cotteau, en el «Bulletin de la Société Géologique de France,» volumen de 1890, describe algunos echinidos cretáceos de México: *Pseudocidaris Saussurei* de San Juan Raya, en Puebla; *Salenia prestensis* y *Enallaster mexicanus,* de Placeres de Guadalupe, Chihuahua, y del cretáceo de Colima; *Diplopodia Malbosi de Arivechi* en Sonora, y *Holectypus Castilloi* de Talpa, en Jalisco. Este último lo considera como del Cretáceo Medio, ó del Cretáceo Inferior; la *Diplopodia* como del Cretáceo Superior, y los otros como del Cretáceo Inferior. Estas referencias á las divisiones del Cretáceo, son erróneas, pues la *Diplopodia* viene asociada al *Pseudocidaris* de San Juan Raya, y la *Salenia prestensis,* y el *Enallaster mexicanus,* vienen juntos con fósiles característicos del Cretáceo Superior.

El Profesor A. Heilprin ha publicado en los «Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia,» correspondientes á los años de 1890 y 1891: «Barometric observations among the high volcanoes of Mexico with a consideration of the culminating point of North American Continent.» «The Corals and coral reefs of the westhern waters of the Gulf of Mexico.» «The Geology and Paleontology of the cretaceous deposits of Mexico,» y «Geological researches in Yucatan.»

De estos interesantes trabajos, los que más importancia tienen para la geología mexicana, son los dos últimos. En «The Geol. and Paleont. of the Cret. dep. of Mexico,» hace una exposición de los hechos principales relativos á las relaciones geológicas y paleontológicas de los depósitos cretáceos mexicanos. Sorprenden en este trabajo el golpe de vista de Heilprin, y la precisión de sus apreciaciones, así como la exactitud de sus datos. Las conclusiones á que llega son muy justificadas, y al paralelizar los depósitos cretáceos mexicanos con los de otros países, procede con excepcional acierto. Es, en resumen, este trabajo, una exposición condensada y verdadera de todo lo que se conocía del Sistema Cretácico en México, en la fecha de su publicación.

Muy importante es el trabajo referente á Yucatán, y define con bastante aproximación el papel que desempeñan en la geología de la Península, los sedimentos pliocénicos, dando una lista de los fósiles que en ellos recogió; describe la sierra de Yucatán y el banco de Yucatán, exponiendo el proceso geológico que ha dado origen á la formación de dichos elementos geográficos, y la situación y relaciones que tienen en la actualidad con las Antillas.

Dumble, de 1892 á 1901, en diferentes publicaciones ha tratado de la geología de la porción media del río Bravo, del Cretáceo de Coahuila, de la geología de Sonora, en la cual describe el Pleistoceno á grandes rasgos; divide el Terciario en: división Baucari, división Nogales y división Trincheras, dando de cada una la descripción correspondiente; hace una reseña del Cretácico en sus tres series; inferior, media y superior; se ocupa con extensión del Triá-

sico, que subdivide en: división Barranca, división Lista Blanca, y refiere con duda al Silúrico la formación de Casita, y al Cambrico la de Cedros, entre Aguascalientes y Sobia, y la de Guamuchil, y considera como arcaicas las micapizarras al N. de Alamos, á 20 k. de la ciudad. En el Cretácico de Coahuila, identifica algunos de los horizontes del Cretácico de Texas, y hace notar la ausencia de otros.

De 1890 á 1899, Félix y Lenk han publicado varios trabajos referentes á geología, siendo el principal: «Beitrage zur Geologie und Paleontologie der Republik Mexico,» que es el contingente más precioso en la época moderna, que ha recibido la geología mexicana: es una compilación y discusión bastante completa de todo lo más importante que antes de ellos se había publicado respecto de México, y además, contiene el trabajo original de ellos sobre las regiones que visitaron en el país en los años de 1887 y 1888.

Hacen una descripción general del país: la mesa central, la cordillera de la costa, la zona volcánica del centro de México, dando una reseña histórica descriptiva de los volcanes: Tuxtla, Popocatépetl, Ajusco, Nevado de Toluca, Jorullo, Pico de Tancítaro, volcán de Colima, Pico de Orizaba, Cofre de Perote, Las Derrumbadas, La Malinche, El Ixtaccíhuatl, San Andrés Ceboruco y volcán de Tepic. Dan una descripción del Valle de México, topográfica, geológica y petrográfica, con los análisis de las rocas, y la enumeración de los fósiles encontrados en Tequixquiac.

Describen la geología del Estado de Oaxaca, dando á conocer por primera vez, el Neocomiano del Cerro de la

Virgen, cerca de Tlaxiaco, y el Jurásico, del cerro de Titania, también junto á Tlaxiaco. En estas dos localidades hacen descubrimientos muy interesantes, describiendo de sus ricas faunas, las especies siguientes:

J. Félix y A. Nathorst.
- Radiolaria del cretáceo de Etla.
- Cenosphaera pachyderma Rüst.
- Cenosphaera cf. antiqua Parona.
- Porodiscus communis Rüst.
- Stichocapsa cf tecta Rüst.
- Dictyocephalus?

Maderas fósiles de Tlacolula.
- Palmoxylon cellulosum Knowlten.
- Palmoxylon cf. stellatum (Unger).
- Acacioxylon tenax Felix.

Plantas del Neocomiano de Tlaxiaco.
- Sequoia cf. ambigua Heer.
- Id. cf. Reichenbachi (Geinitz).
- Pseudofrenelopsis Felixi Nathorst. (Nuevo género y nueva especie).

Hans Lenk, da en un capítulo la descripción micrográfica de las rocas de Oaxaca con sus análisis: gneiss granítico, gneiss de biotita, ídem de grafita, ídem de pyroxena, ídem de hornblenda, ídem de granate y de muscovita; granulita normal y pyroxenífera; cuarcita, rocas de hornblenda augita, y scapolita del Arcaico. Como rocas eruptivas antiguas, describe: pórfido cuarcífero, porfirita cuarcífera, y diabasa de olivino (Melaphyra). Entre las sedimentarias

describe la caliza, margas, brechas calizas, conglomerados, vácia gris (grauwacken) y areniscas, piedra córnea, acarreo diluvial y reciente, incrustaciones recientes, eflorecencias, etc. De rocas eruptivas modernas ó jóvenes, rhyolita y toba rhyolítica, traquita, dacita, andesitas de amphibola, andesita de hiperstena, vidrio andesítico, basalto de plagioclasa, basanita.

Georg Boehm, contribuye con un capítulo sobre las calizas mexicanas de caprinidas, descubriendo é identificando: Sphoerocaprina occidentales (Conrad).

Sauvagesia sp?
Pecten sp?
Caprina cf. adversa á Orbigny.
Idem ramosa Boehm.
Idem sp?
Sphoerocaprina Felixi Boehm.
Idem Lenki Boehm.
Idem sp?
Radiolites.
Nerinea cf. forojuliensis Pirona.
Idem sp?

Félix hace una revista de las formaciones geológicas mexicanas y sus manifestaciones, dando la lista de los fósiles que han sido descritos por diferentes autores, poniendo á contribución todos los trabajos serios publicados antes de la fecha en que apareció este capítulo. Da también algunos apuntes sobre la gruta de Cacahuamilpa, y las de las inmediaciones de Orizaba y Tlaxiaco.

Steinmaun, en capítulo separado, describe las algas marinas fósiles de la familia de las Dascycladoe, encontradas por Félix y Lenk en la caliza del Cerro de Escamela, en Orizaba.

A. Hoppe hace la descripción micrográfica de algunas rocas eruptivas del Estado de Puebla: basalto plagioclásico del cerro de Guadalupe en Puebla; basalto plagioclásico hyperstenífero del cerro de San Miguel en Atlixco; basalto plagioclásico del cerro del Gallo, al N. W. de Tejaluca; lava basáltica del cerro de San Gabriel, entre Puebla y Tehuacán; de las cúpulas al S. de Tejaluca, y de las colinas al N. de Tejaluca, lava basáltica vitriofírica de Santa María; al N. de Atlixco, andesita de hyperstena del Batán, andesita de amphibola del cerro de Coatepec, al SE. de Totimehuacán.

Lenk describe las tobas volcánicas siguientes: toba rhyolítica de cumbre de San Martín Huamelulpan, en la Mizteca Alta; tobas andesíticas de amphibola, de hyperstena, de pyroxena de varias localidades, etc. Los análisis químicos de las rocas, son del Dr. Röhrig de Leipzig.

Félix y Lenk hacen una reseña de las condiciones geológicas del Estado de Puebla, enumerando las especies fósiles características de las formaciones, y una revista de los vertebrados fósiles de México, del Plioceno al diluvium.

En capítulo por separado, Félix determina y describe los fósiles jurásicos y cretácicos del cerro de Titania, junto á Tlaxiaco, en Oaxaca, los primeros, y los últimos del Distrito de Tehuacán, Estado de Puebla, y del cerro de La Virgen, junto á Tlaxiaco, en Oaxaca, describiendo tres géneros nuevos y 56 especies nuevas.

Acompaña á todos estos interesantísimos trabajos, un cuadro de alturas de lugares del país, compilado de las publicaciones mexicanas, y ordenado por Estados dispuestos alfabéticamente.

Debo citar, además: «Ueber die tektonischen verhältnisse der Republik Mexico; Ueber die Mexicanische vulcanspalte y Ueber des Vorkomen von Numumlitenschichten» en México, en que exponen sus ideas acerca de las condiciones técnicas del país, la supuesta grieta volcánica de México, y dan á conocer el descubrimiento del Numulítico en México.

Merrill, G. P. y Emmons S. F., han, con su «Geological sketch of Lower California,» llevado á un gran estado de adelanto la geología de esa península. Describen de una manera general, siguiendo las ideas de Lindgren y Gabb, la estructura física de Baja California y, tomando en consideración y discutiendo todas las observaciones anteriores á las suyas, describen la estructura geológica en general y después en particular la de la región visitada por ellos, que dividen en faja, ó banda de costa ó mesa, de la cual mencionan fósiles referidos por Stanton al grupo Chico de California, de Playa de Santa Catarina y fósiles de cerca de Bluff Point, que Stanton identifica con especies del grupo Tejón (Eoceno). Encuentran el Mioceno de Gabb, llamado por él «mesa sandstones,» en las inmediaciones de Socorro, Sierra Occidental, compuesta de rocas eruptivas, granitos, diorita, diabasa, anteriores á los depósitos cretáceos del grupo Chico. 2. Valle interior, cuyo fondo es de travertinos, conglomerados de cemento calizo y calizas porosas, todos muy recientes. 3. Sierra Oriental compuesta de gra-

nito y gneisses, cubiertos en partes por andesita de augita en corrientes y por rhyolita. Describen los depósitos de travertino y de tecali (ónix mexicano).

Douvillé, en diversos trabajos aparecidos, de 1896 á 1900, se ha estado ocupando de los rudistas de México, contribuyendo al mejor conocimiento de estos moluscos cretáceos; ha descrito casi todos los rudistas conocidos de México.

Eisen G., con su exploración á la región del Cabo, Baja California, y sus exploraciones en la parte central de la Baja California en los años de 1897 y 1900, da una carta de la Baja California que contiene todos los datos adquiridos y es, por consiguiente, la mejor carta de esa península y, además, da una breve descripción geológica que viene á completar nuestro conocimiento de la geología de la Baja California.

En Marzo de 1888, el Secretario de Fomento, General Carlos Pacheco, secundando los esfuerzos del Sr. Don Antonio del Castillo, obtuvo del señor Presidente de la República el acuerdo para la formación de una Comisión Geológica que, mientras las Cámaras resolvían sobre la iniciativa de la organización del Instituto Geológico, se encargara de formar la carta geológica y la minera de la República.

Los trabajos fueron, en un principio, consagrados exclusivamente á la formación de una carta geológica general y una carta minera del país. La primera, estaba destinada á dar una idea de conjunto de las formaciones geológicas dominantes y, por lo mismo, las más interesantes del país, á la vez que servir de base para los trabajos más de-

tallados y perfectos que debían ejecutarse más tarde. La carta minera debería servir para presentar al país, desde el punto de vista minero, con la importancia real que le corresponde, dada la inmensa cantidad de criaderos existentes en su suelo y la diversidad de substancias minerales en estos criaderos contenidos, mientras trabajos estadísticos concienzudos se emprendían para dar á conocer el verdadero valor de nuestra riqueza mineral en estado de explotación, así como las existencias almacenadas en nuestro suelo, que reclaman la inversión de nuevos capitales y de nuevas energías para que el país pueda utilizar estos productos naturales.

Sancionada, por decreto del Congreso General de 1888, la creación del Instituto Geológico, la Comisión Geológica, que se había encargado de la formación del Bosquejo Geológico y carta Minera de la República, fué convertida, á principios del año de 1891, en Instituto Geológico, conservando con muy pocas modificaciones el mismo personal.

En este nuevo período la institución trató, desde luego, de poner en práctica el programa general para cuyo desempeño había sido establecida; pero, desgraciadamente, por causa de la crisis que la depreciación de la plata originara en el país, no se pudo completar el personal propuesto por el Sr. A. del Castillo, Director del Instituto, y sólo se destinó para los trabajos una parte de la asignación decretada por el Congreso de la Unión. Con un personal bastante reducido, compuesto de un Director, cuatro geólogos, un dibujante, un preparador de láminas para el estudio micrográfico de las rocas, y un escribiente, personal que, por diversas causas, sólo ha venido á estar completo hasta los

últimos meses de 1896, y por una nueva iniciativa el personal actual es el siguiente: un Director-Geólogo, un Subdirector-Geólogo, Jefe de Sección; tres Geólogos-Jefes de Sección, tres Geólogos, tres Ayudantes de Geólogo, tres Aspirantes, un Químico, un Ayudante de Químico, un Secretario y Bibliotecario, un Topógrafo, dos Ayudantes Topógrafos, un Primer Dibujante, dos Segundos Dibujantes, cuatro Escribientes y un Laminador.

El Instituto Geológico, secundando los esfuerzos del señor Secretario de Fomento, Ingeniero Manuel Fernández Leal, ha seguido un programa que, si bien en la forma difiere en pequeños detalles del programa primitivo, es, en cambio, muchísimo más práctico, y así permite que el público pueda juzgar de la bondad de una institución, cuyo objeto y utilidad práctica no son debidamente apreciadas por algunos; pero que no puede menos que contar con el apoyo de todos aquellos que, bastante ilustrados, comprenden el alcance de los trabajos de la institución.

El Instituto Geológico, tratando de llenar su vasto é interesante programa, ha desempeñado trabajos que corresponden, unos, á la Geología pura, y otros á distintos departamentos de la Geología aplicada. La ejecución de los primeros es de todo punto indispensable; consisten en estudios especiales encaminados á la investigación completa de los fenómenos geológicos, y sirven de base á las generalizaciones que deben preceder al deslinde de cada una de las formaciones, objeto final de la carta geológica en lo que respecta á la geología pura; pues que, para la formación de la carta geológica de cualquiera región, es indispensable que el geólogo, encargado de formarla, recurra á

cada momento á los datos que sobre dicha región posean los especialistas. Para la construcción de la carta, es necesario conocer de antemano todos los datos relativos á la clasificación y nomenclatura de las rocas sedimentarias y eruptivas, y fijar de alguna manera las relaciones de estas rocas en diferentes partes del país, así como procurar la correlación de las diferentes formaciones; y sólo de este modo se podrá formar la carta geológica de la República, sin incurrir en el error de dar como carta geológica una petrogáfica, que tan solo representa las diferentes clases de rocas, sin indicar sus relaciones de sobreposición, edad, génesis, etc.

Para la formación de la carta geológica detallada se utilizan los trabajos de la Comisión Geográfica, haciéndose uso de las hojas á la cienmilésima que dicha Comisión va publicando. Sobre estas hojas se deslindan las diferentes rocas constitutivas de las variadas formaciones geológicas del suelo mexicano; se anotan todos los puntos en que se encuentran rocas, minerales y substancias útiles. A estas hojas, que dan la representación del conjunto, se acompañan cortes, perfiles, vistas, etc., que dan idea de la estructura del suelo, y otras hojas en las cuales se distinguen las rocas por sus aplicaciones á las industrias. Se representan en hojas separadas los manantiales, pozos y corrientes de agua, con las indicaciones de las obras que se juzgan para su mejor aprovechamiento, así como se deslindan las diferentes zonas de alimentación de los manantiales para poder juzgar de su importancia, y conocer los límites dentro de los cuales se puede modificar el gasto de los manantiales sin llegar al extremo de agotarlos. Comprende, además,

esta hoja hidrográfica todos los datos relativos á la presencia y circulación en los terrenos de aguas subterráneas, artesianas y no brotantes, con la demarcación hasta donde es posible de las cuencas y zonas de alimentación de dichas capas de agua.

La carta geológica detallada contendrá, pues, todos los datos, relativos al suelo, que puedan ser utilizados; vendrá así á dar á conocer todos los elementos de riqueza que existen en el territorio de la República.

Los trabajos de la sección de Petrogafía han tenido por objeto principal el estudio de las rocas colectadas desde el punto de vista de su composición mineralógica, determinada con el auxilio del microscopio, para hacer la clasificación de dichas rocas, siguiendo en sus puntos esenciales la clasificación francesa. Se han tenido en cuenta, además, para la mayor parte de las rocas estudiadas, sus condiciones particulares de yacimiento en el terreno, y se ha hecho la determinación exacta sobre las cartas de los lugares de su procedencia, tanto para las correcciones que resultan necesarias en algunos casos, como para la representación de la carta de las diferentes especies de rocas, cuando pertenecen á lugares no visitados por los miembros del Instituto.

El estudio de las rocas practicado de esta manera, permite conocer á la vez que la distribución geográfica, dentro del país, de cada uno de los diferentes tipos de rocas, la importancia relativa de cada uno de dichos tipos, como elementos constitutivos del suelo, y sus relaciones de edad de manera de ser utilizados en las exploraciones.

Para el estudio micrográfico de las rocas, es indispen-

sable reducirlas á láminas delgadas, y esto ha hecho necesario el establecimiento de un taller para la preparación de láminas delgadas, taller que se halla anexo á la Sección de Petrografía.

Las rocas estudiadas al microscopio forman ya una colección de 2,200 ejemplares, á los cuales corresponden otras tantas láminas preparadas. La colección general de rocas comprende ejemplares escogidos como típicos en puntos muy diversos y numerosos del país, y alcanza ya el número de 6,000 ejemplares.

Además del estudio de las rocas desde los puntos de vista genético, cronológico, mineralógico, y de aplicación á la agricultura, se estudian también por sus aplicaciones como materiales de construcción.

Los trabajos de la Sección de Paleontología y Geología Histórica, han sido de bastante importancia por ocuparse del estudio de los fósiles para la determinación de los sistemas y pisos estratigráficos, así como para el establecimiento de horizontes paleontológicos y estratigráficos, que deben servir para relacionar con ellos las formaciones que á cada paso tienen que ser representadas en la carta, y sobre cuya edad y posición en la serie estratigráfica, es indispensable tener noción exacta.

Al principiar los trabajos de la Comisión Geológica, sólo se disponía de pequeñas colecciones de fósiles, muchos de ellos en muy mal estado, que no permitían una determinación ni siquiera aproximada; otros eran sumamente escasos para poder determinar con ellos solos la época á que pertenecían, pues que la colección se había formado en la Escuela de Ingenieros con ejemplares regalados por

algunos exalumnos, que cuidaban muy poco de recoger en el terreno los datos relativos al yacimiento de los ejemplares que obsequiaban, y en cuanto á los recogidos por el Sr. del Castillo, en sus cursos practicados de Geología, que anualmente daba á sus alumnos, eran también escasos y desprovistos de todas las indicaciones relativas á los yacimientos que pudieran dar idea de su distribución en el tiempo y en el espacio. Las colecciones que más se han utilizado, son las formadas y estudiadas por el que subscribe, pertenecientes á la Comisión Geográfico-Exploradora. Las colecciones de fósiles han mejorado en sus ejemplares, y aumentado notablemente en número, teniéndose ahora una colección de fósiles compuesta de 6,000 ejemplares.

Cuídase naturalmente en esta sección, de determinar las especies características de las formaciones mexicanas, á la vez que de hacer el estudio comparativo indispensable para poder intentar la equivalencia de nuestras formaciones con las americanas y europeas, de manera que se pueda conocer la importancia, extensión, constancia y modificaciones de cada una de las formaciones, y determinar cada formación, las modificaciones que en su fáunula y flórula originan la influencia de las condiciones físicas del lugar en que se ha verificado su depósito, y las que son debidas á condiciones aparentemente independientes de la física de la región, y sobre cuya causa es necesario hacer más investigaciones, hasta llegar á determinarla satisfactoriamente.

Los trabajos de Geología aplicada, que á los ojos del público son de mucha importancia, pues que ellos tocan

más ó menos directamente los intereses de particulares, lo mismo que al interés general del país, se han emprendido en el sentido de exploraciones, estudios y reconocimientos de los criaderos minerales; siendo de grande importancia todo lo que se refiere á la existencia de criaderos de oro y carbón mineral, el personal del Instituto ha hecho estudios de varios yacimientos de dichas substancias, rindiendo sobre cada uno de los estudios y reconocimientos el informe respectivo.

En todas las expediciones hechas á distritos mineros, se han formado colecciones de minerales que se han clasificado y arreglado conforme á una ordenación geográfica, que permite consultar fácilmente la colección general de minerales que comprende 6,836 ejemplares, escogidos de manera de dar idea de la importancia industrial de los criaderos que representan.

En lo que respecta á la agricultura, los trabajos se practican teniendo siempre en cuenta la distribución de las substancias que puede utilizar la agricultura como abonos y mejoradores del suelo, tales como margas, fosfatos, sulfato de cal, caliza, etc., etc., y la distribución de los suelos.

Como es sabido, el suelo, en su porción más importante para la agricultura, que se designa con el nombre de capa arable, está formado por el producto de la descomposición *in situ* ó por el transporte á la parte más baja de los productos de la descomposición de las rocas que forman en el primer caso el subsuelo, y en el segundo las montañas y partes altas que limitan los valles, mesetas y llanuras.

Es nuestro propósito estudiar la formación de los suelos, para indicar las rocas de que provienen y con especialidad aquellas que pueden considerarse como las más esenciales por contener en su composición los elementos que ha de aprovechar la planta para su nutrición. Para el conocimiento de la composición de esta capa arable, se ha emprendido el estudio químico de las rocas, con especialidad de aquellas que el microscopio revela que llevan en su masa, como elemento accesorio de su composición, fosfatos ó substancias que puedan ser aprovechadas para el mejoramiento del suelo, ya sea para mejorar sus condiciones físicas, ya su composición química, de manera que se pueda hacer el mejor aprovechamiento del suelo.

De esta manera contribuiremos á formar una carta agronómica del país, toda vez que, siendo los suelos el producto de la descomposición de las rocas, al presentar en nuestra carta geológica la distribución de las rocas, queda representada también la de los suelos, puesto que la arcilla, la cal, la arena, y todos los demás componentes y productos de desagregación de las rocas son los ingredientes principales del suelo.

El Instituto Geológico contribuye en el desempeño de su programa al adelanto de todas las industrias con las cuales están más ó menos íntimamente ligadas la minería, los trabajos hidrográficos, y toda aplicación práctica que dependa directamente del adelanto en el conocimiento de la superficie y del interior de la tierra.

Desde 1895 se estableció la publicación oficial del Instituto denominada: Boletín del *Instituto Geológico de México*, en cuya publicación se irán dando á conocer con toda

oportunidad los estudios que se vayan terminando. Hay listos para su publicación ó se han publicado los trabajos siguientes:

BOLETÍN DEL INSTITUTO GEOLÓGICO.

Número 1.—Fauna fósil de la Sierra de Catorce, por A. del Castillo y J. G. Aguilera. 1895.

Número 2.—Rocas eruptivas del S. O. de la cuenca de México, por E. Ordóñez. 1895.

Número 3.—Geografía física y la Geología de la Península de Yucatán, por C. Sapper. 1896.

Números 4, 5 y 6.—Memoria explicativa del Bosquejo Geológico de la República, por J. G. Aguilera y E. Ordóñez. 1897.

Números 7, 8 y 9.—El Mineral de Pachuca. 1897.

Número 10.—Bibliografía Geológica y Minera de la República Mexicana, por R. Aguilar y Santillán. 1898.

Número 11.—Catálogos sistemático y geográfico de las especies mineralógicas de la República Mexicana, por J. G. Aguilera. 1898.

Número 12.—El Real del Monte, por E. Ordóñez y M. Rangel. 1899.

Número 13.—Geología de los alrededores de Orizaba, con un perfil de la vertiente de la Mesa Central de México, por E. Böse. 1899.

Número 14.—Las Rhyolitas de México, por E. Ordóñez. Primera parte. 1900.

Número 15.—Las Rhyolitas de México, por E. Ordóñez. Segunda parte. 1901.

Número 16.—Los criaderos de fierro del Cerro del Mercado en Durango, por M. Rangel, y de la Hcienda de Vaquerías, Estado de Hidalgo, por J. D. Villarello y E. Böse. 1901.

Número 17.—Bibliografía Geológica y Minera de la República Mexicana, por R. Aguilar y Santillán. 1905.

Número 18.—Recursos Minerales de México, por J. G. Aguilera. (En prensa).

Número 19.—El carbón en México, por J. G. Aguilera. (En prensa).

Número 20.—Reseña de la Geología de Chiapas y Tabasco, por E. Böse. 1905.

PARERGONES.

Tomo I, Núm. 1.—Los temblores de Zanatepec, Oaxaca. Estado actual del Volcán de Tacaná, Chiapas, por Emilio Böse.—1903.

Núm. 2.—Fisiografía, Geología é Hidrología de los alrededores de la Paz, Baja California, por E. Angermann. —El área cubierta por la ceniza del Volcán de Santa María, Octubre de 1902, por Emilio Böse.—1904.

Núm. 3.—El Mineral de Angangueo, Michoacán, por E. Ordóñez.—Análisis de una muestra de granate del Mineral de Pihuamo, Jalisco, por J. D. Villarello.—Apuntes sobre el Paleozoico en Sonora, por E. Angermann. 1904.

Núm. 4.—Estudio de la teoria química propuesta por

el Sr. Andrés Almaraz para explicar la formación del petróleo de Aragón, México, D. F., por J. D. Villarello.—El fierro meteórico de Bacubirito, Sinaloa, por E. Angermann. —Las aguas subterráneas de Amozoc, Puebla, por E. Ordóñez. 1904.

Núm. 5.—Informe sobre el temblor de 16 de Enero de 1902 en el Estado de Guerrero, por los Dres. E Böse y E. Angermann.—Estudio de una muestra de mineral asbestiforme procedente del Rancho del Ahuacatillo, Distrito de Zinapécuaro, E. de Michoacán, por el Ing. J. D. Villarello. 1904.

Núm. 6.—Estudio de hidrología subterránea de la región de Cadereyta Méndez, E. de Querétaro, por el Ing. J. D. Villarrello. 1904.

Núm. 7.—Estudio de una muestra de grafita de Ejutla, E. de Oaxaca, por el Ing. J. D. Villarello.—Análisis de las cenizas del Volcán de Santa María, Guatemala, por el Ing. E. Ordóñez. 1904.

Núm. 8.—Hidrología subterránea de los alrededores de Querétaro, por J. D. Villarello. 1905.

INFORMES, MEMORIAS Y RESEÑAS.

Informe sobre el criadero de azogue de San Juan Amajac, por A. del Castillo y L. Cabañas. Julio 14 de 1890.

Informe sobre los hundimientos de Santa Catarina, en el Distrito de Hidalgo, San Luis Potosí, por J. G. Aguilera y E. Ordóñez. Marzo 6 de 1895.

Noticias sobre las localidades mexicanas en que se encuentra azufre.

Análisis de una substancia nueva remitida por la Secretaría de Fomento para que informe sobre sus aplicaciones. 1895. J. G. Aguilera.

Reseña explicativa del Bosquejo Geológico de la República. J. G. Aguilera y E. Ordóñez.

Informe sobre el mineral de Zopilote. E. Ordóñez.

Informe sobre el Mezquital del Oro, Tepic. E. Ordóñez.

Informe sobre el Puerto del Oro. J. G. Aguilera.

Estudios hidrológicos de la Cuenca de México. J. G. Aguilera y E. Ordóñez.

Con fecha 24 de Septiembre de 1892, se informó á la Secretaría de Fomento del resultado de análisis de una substancia, supuesta fosforita, remitida por el Agente de Agricultura de Maltrata, Veracruz, Sr. Ignacio Rangel, resultando ser una caliza pulverulenta con un poco de fierro. A. del Castillo.

Informe sobre la exploración geológica, desde Querétaro hasta Chamacuero, en el Estado de Guanajuato, y la caída de una meteorita en la Hacienda de Manzanares, por A. del Castillo.

Informe sobre los hundimientos y derrumbes de Camotlán, Nuchita y Cuititó, en Huajuápam, Aguilera y Ordóñez, publicado en el *Diario Oficial,* el 20 de Noviembre de 1891.

La calcedonia, como especie mineralógica, debe ser considerada en el artículo 10 del Código de Minería. Noviembre 7 de1891. A. del Castillo.

Informe sobre criaderos de oro del Distrito de Altar, Sonora. J. G. Aguilera.

Informe sobre los criaderos auríferos de Ameca y Autlán en Jalisco. J. G. Aguilera y E. Ordóñez.

Informe sobre los criaderos auríferos de Sierra de Baoz, Río Florido en Chihuahua. R. F. Buelna.

Informe sobre criaderos auríferos de Ixtlán y Barranca del Oro en Tepic. E. Ordóñez.

Informe sobre los placeres de Oro de Río Bravo. J. G. Aguilera.

Informe sobre la exploración geológica de una parte del Estado de Durango. R. F. Buelna.

Informe sobre diversas regiones de Sonora y Sinaloa. R. F. Buelna.

Informe sobre la mina el Rosario, en Sinaloa. E. Ordóñez.

Algunas obsidianas de México. E. Ordóñez.

El volcán del Ceboruco. E. Ordóñez. 1894. Inédito.

Expedición científica al Popocatépetl, como centro abastecedor de azufre. Aguilera y Ordóñez.

Tobas pomozas terciarias de la Cuenca de México. E. Ordóñez.

El pedregal de San Angel. E. Ordóñez.

Informe sobre la exploración geológica de las Huastecas. J. G. Aguilera.

Experiencias de concentración de metales con los aparatos de Castelmann y Comp. y Clarkson y Stanfield. A. del Castillo.

Notas sobre la metalurgia de minerales de mercurio de Huitzuco. A. del Castillo.

Informe sobre el petróleo en la Huasteca Potosina. E. Ordóñez. Inédito.

Id. íd., por J. D. Villarello.

Los Progresos de la Geología en México durante el Siglo XIX. E. Ordóñez. Inédito.

Estudio del proyecto del socavón Neptón para el desagüe de las minas de El Chico y de Pachuca. E. Ordóñez. Inédito.

Corte Geológico de Acapulco á Veracruz. J. G. Aguilera, E. Ordóñez y E. Böse. Inédito.

Para los mapas geológicos, el Instituto Geológico hace uso de las cartas levantadas por la Comisión Geográfico-Exploradora encargada del levantamiento de la carta de la República á la escala de 1 : 100,000, y que publica, además, las cartas de los Estados á diferentes escalas. Para los trabajos de detalle y corrección, el Instituto tiene, como se ha dicho, una sección topográfica.

Los estudios de Seismología y Estadística Minera quedarán en breve á cargo de dos nuevas secciones.

Estos son los trabajos hechos por el personal del Instituto Geológico, que, como se ve, tratan de temas que pertenecen á diferentes ramas de la ciencia geológica, estudiándolos con más ó menos acierto, y abriendo nuevos horizontes á los estudios geológicos que se habían concretado á algunos cuantos puntos de interés práctico. No entraré en el análisis de todos estos trabajos, porque, por una parte, podría considerarse apasionado mi juicio, toda vez que la mayoría de dichos trabajos ha sido hecha bajo mi dirección, y, por otra parte, habría menester más espacio del que me he propuesto dedicar á esta reseña, que es en extremo

sucinta y casi casi merece el nombre de una simple enumeración de los trabajos que han contribuido al desarrollo de la geología mexicana.

Etienne Ritter ha completado nuestro conocimiento de la petrografía de la Baja California, estudiando en 1895 los macizos eruptivos de las Tres Vírgenes y de Loreto. El primero compuesto de corrientes andesíticas con geodas llenas de zeolitas, y en el segundo hay también andesitas muy ricas en zeolitas que impregnan su masa, formando un 20% de su volumen. Describe el volcán de la isla de la Tortuga, que es una caldera basáltica que recuerda al lago Pavín, en Auvernia; tiene un kilómetro de diámetro y 175 m. de profundidad. Presenta la particularidad de poseer una chimenea circular muy grande, en la cual la lava en sus movimientos alternativos de ascenso y descenso, análogos á los que presentan las calderas de Kilawea, en las islas Sandwich y el cráter de La Reunión, se ha solidificado á 175 m. abajo del borde del cráter.

Menciona granitos muy alterados del Norte de Loreto, cortados por syenitas de grano grueso. Las rocas del macizo de Loreto las clasifica como andesitas de pyroxena (augita), completamente desprovistas de hornblenda, y labradorita de caracteres análogos á los de las andesitas. La mesa al Sur de las Vírgenes que se extiende hasta Mulegé, está cubierta de proyecciones traquíticas. El promontorio, que continúa á la mesa traquítica de Mulegé, que va de la bahía de Santa Inés á Loreto, está formado por granito y syenita. Toda la costa occidental de la Baja California, dice, está, pues, formada por rocas eruptivas modernas relati-

vamente básicas, en corrientes, á veces con cráteres conservados y tobas de proyección.

O. C. Farrington, en su «Observations on Popocatépetl and Ixtaccíhuatl,» describe la sierra de Ahualulco, de la cual forman los picos culminantes el Popocatépetl y el Ixtaccíhuatl; extracta las reseñas y descripciones de ascensiones al Popocatépetl anteriores á la suya; discute las ideas emitidas por los diferentes autores que se han ocupado del Popocatépetl, entre ellas las del que esto escribe y Ordóñez; hace en seguida la descripción de su ascensión, con las observaciones que él hizo durante ella, relativas á la naturaleza, constitución petrográfica, estructura y actividad del volcán. Consagra un párrafo especial al Pico del Fraile, discutiendo las ideas emitidas respecto á su origen por Félix y Lenk y Aguilera y Ordóñez, y hace el estudio petrográfico de las rocas de la corriente de La Cruz y del borde del cráter.

Respecto al Ixtaccíhuatl, revista también las descripciones publicadas de algunas ascensiones con un cuadro como para el Popocatépetl, en el cual da las alturas de los puntos principales, según diferentes autores, y las determinaciones propias; discute la naturaleza de la montaña, desde el punto de vista de la existencia en él de un cráter más ó menos reconocible; se ocupa en seguida de la descripción del ventisquero ó hielero Porfirio Díaz, y las probabilidades de la existencia de otros en otras partes de la montaña; define y deslinda la cuenca de alimentación del ventisquero, describiendo su curso, su porción terminal y su canchal terminal, y da una idea de la antigua extensión del ventisquero, fundándose en la situación de los antiguos canchales laterales y

las superficies pulidas por el movimiento del ventisquero, haciendo apreciaciones juiciosas referentes al clima de la montaña; termina su trabajo haciendo el estudio petrográfico de la roca constitutiva del Ixtaccíhuatl.

Acaba de publicar en este año sus «Observations on the geology and geography of Western Mexico, including an account of the Cerro Mercado,» que son el resultado de un viaje que hizo en el estado de Durango en 1896. La región visitada por Farrington, era casi completamente desconocida desde el punto de vista geológico; comprende la porción occidental de la mesa central, que se eleva gradualmente de 1,828 m. 80 en la ciudad de Durango á 2,740 m., aproximadamente, para descender después á 620 m. sobre el mar. Después de la descripción topográfica de la región, de sus condiciones climatéricas, trata de las condiciones geológicas, describe las tres terrazas del Río Chico y la extensa formación eruptiva que se continúa al W., compuesta de rocas porfiríticas de apariencia de dacitas y rhyolitas cubiertas á tramos por tobas poderosas que en partes están silicificadas y por la infiltración secundaria en su masa de aguas silizosas. En el rancho La Ciudad, encuentra rocas caprichosas originadas por la erosión, cuyas formas describe, exponiendo el procedimiento de desintegración que las ha producido. Hace la descripción completa de las rocas estudiadas al microscopio, discute el análisis químico de la rhyolita de La Ciudad, y llega á la clasificación cuantitativa siguiente: la roca de La Ciudad es: Clase Persalana, Orden Brittanare, Rango Domalcalic y Subrango Dasodic, Lassenose, y según la composición de

la roca no alterada, ésta entraría en el Orden Canadare, convirtiéndose en Laurvikose.

Se ocupa después de los poderosos depósitos sedimentarios que forman grandes valles en anfiteatro, que yacen casi horizontales en los picos de los cerros, aunque también están en algunos lugares plegados en anchos anticlinales y sinclinales. Cita la existencia de algunas fallas. Menciona la naturaleza de los minerales de Vetanas ó Villa Corona, y de su matriz, y la circunstancia de que los criaderos no son productivos en la parte alta, cerca de los picos de los cerros, y sí en la base, en las rocas andesíticas, lo que está de acuerdo con la observación de Weed.

En cuanto al Cerro Mercado, dice que, aunque se le ha descrito comunmente como compuesto principalmente de magnetita, en realidad está formado de hematita; una parte de ella bajo la forma de martita.

La rhyolita bordea el mineral de fierro y en parte forma la montaña. Una variedad escoriácea y fuertemente brecheada ocurre en el lado Norte del Cerro, mientras que al Sur la roca es compacta porfirítica, y no forma brechas. Describe los cristales de apatita que se encuentran en el cerro, y da el análisis de la martita; calcula del análisis hecho por Nichols la composición de las rocas y determina la clasificación cuantitativa como Dellenose y Liparose; declarando que la edad del cerro es del Terciario Superior. Se inclina á considerar como de origen ígneo el criadero, fundándose en el carácter netamente ígneo de las rocas que le acompañan y la estructura columnar y no estratificada del mineral de fierro, diciendo él mismo que faltan pruebas.

W. H. Weed, en su trabajo presentado al Instituto Americano de Ingenieros de Minas, en su reunión en la ciudad de México, titulado: «Notes on certain Mines in the States of Chihuahua, Sinaloa and Sonora, Mexico,» expone el resultado de sus observaciones en varios distritos mineros, trayendo con esto un valioso contingente para el conocimiento de regiones poco exploradas y para el adelanto de la geología minera (Metalactología (*) mexicana).

Al tratar del Mineral de Santa Eulalia, Chihuahua, dice que abraza unas 5 millas cuadradas del terreno montañoso que forma parte de la sierra que corre N. E.-S. O. y separa el valle del Conchos del Toyoba. La geología consiste de calizas plegadas, cubiertas y ocultas en parte por rocas dacíticas; los fragmentos de eyecciones volcánicas cubren intrusiones graníticas. Las calizas, por sus fósiles que fueron determinados por Gabb, confirmaron la edad cretácea que les asignó Kimball. La roca dacítica estudiada al microscopio resulta ser una brecha volcánica, que en la localidad se designa con el nombre de cantera, con el cual fué designada por Kimball. En el mineral de Sierra Mojada, Malcolmson encuentra las mismas formaciones. Los criaderos plumbíferos se encuentran en la caliza, son en muchos respectos semejantes á los de Sierra Mojada, sólo que no se han encontrado todavía verdade-

(*) La falta de una palabra que sirva para designar la rama de la geología aplicada que se ocupa de los criaderos minerales, me ha sugerido la idea de proponer, para denominar dicha tan interesante rama del conocimiento geológico, la palabra Metalactología, compuesta de: μέταλλον, mineral; ἀχτή, yacimiento, y λογος, discurso; para la subdivisión de esta rama que trate de la descripción de los criaderos se empleará la palabra Metalactografía, y Metalactogenia para la se ocupe del origen ó génesis de los criaderos.

ros criaderos de contacto. Kimball describe una fractura vertical en la mina de Santo Domingo, que parece haber sido la que sirvió de canal para la circulación de las soluciones que formaron los criaderos. El criadero de Santo Domingo es un ejemplo magnífico de la substitución metamórfica de la caliza. La caliza contiene fósiles y concreciones de pedernal que conservan su disposición natural en bandas en el criadero, correspondiendo en su estructura á las partes de caliza de los respaldos que no han sido reemplazadas.

Mineral de Parral y Santa Bárbara.—Las rocas en que arman las vetas son pizarras arcillosas grises, endurecidas y hojosas, plegadas con echado general al W. Las vetas son verdaderas vetas de fractura de matriz cuarzosa con stilbita y fluorita, brechiforme y concrecionada. Diques de rhyolita cortan á las arcillas apizarradas. Las vetas tienen de 15 m. á 30 m. de potencia reconocibles entramos de más de una milla, con rumbo general N. S., cruzando á un dique de pórfido; compuesta su mineralización de galena y pyrita con poca blenda en cuarzo. El dique está cortado por fallas.

Minas de cobre de Las Vigas de Collame. Las Sierras consisten de calizas cretáceas, formando anticlinales que en algunos tramos están cubiertos ó flanqueados por pórfidos dacíticos, raras veces compactos, comunmente tobáceos y pseudoestratificados. Las vetas son capas de areniscas impregnadas que forman parte de una serie continua de rocas cretáceas, de algunos miles de pies de espesor. Entre los estratos matalíferos y la base de la sierra caliza hay pizarras arcillosas con fósiles que, según Hill, pertenecen á

la serie Comanche de Texas. Explica después el origen de los criaderos minerales. Los depósitos cupríferos de cerca de Jiménez se encuentran, dice Weed, en un grupo de colinas compuestas de calizas y pizarras arcillosas cortadas por intrusiones ígneas. Al Norte vienen rhyolitas compactas porfídicas, y al Sur las calizas y pizarras arcillosas se inclinan á todos lados, alrededor de una masa central de granito granudo grueso, desgastado por erosión en una cuenca ó anfiteatro. Los criaderos son típicos de contacto, del tipo Cristiania; entre caliza y granito siguen la línea de contacto de las dos formaciones. Describe al final las peculiaridades de los criaderos.

De la Geología de Guadalupe y Calvo, dice que las rocas son dacíticas ó rhyolíticas, que forman extensas mesas cubiertas á tramos por basaltos. Las vetas sólo se encuentran en las andesitas ó rocas graníticas que vienen debajo y que la erosión ha puesto á descubierto. Los criaderos son auríferos del tipo de vetas de fractura, más viejos que las rhyolitas, unas veces arman en la pura andesita y otras llevan como matriz el cuarzo.

El distrito de Cananea, situado en la sierra de su nombre, que considera como los restos de un viejo volcán denudado y disecado. Casi en el centro hay una gran masa de granito hornbléndico que forma el núcleo, y el cual está rodeado por pórfidos andesíticos de varias clases y rocas cristalinas de composición semejante. Las crestas principales de la sierra consisten de cuarcitas, piedra córnea, mármol, areniscas, pizarras arcillosas y caliza cortadas por andesitas y pórfidos cuarcíferos. Las tobas andesíticas y brechas de las colinas de la falda y mesas al E. de la sierra,

son las rocas y las cenizas andesíticas arrojadas por el viejo volcán. Del carácter y relaciones de las rocas induce que un volcán apareció en una masa montañosa de caliza carbonífera y pizarras arcillosas que fueron cubiertas después por cenizas volcánicas y corrientes de lava, finalmente destruidas por erosión, lo bastante para poner á descubierto las rocas más profundas de la región. Los criaderos consisten en grandes masas de chalcopyrita y sus productos secundarios, en rocas sedimentarias y en vetas ó fracturas, en las cuales ha habido concentración secundaria. Los cuerpos de contacto no están confinados á la inmediata proximidad de las masas eruptivas, y no son, por lo tanto, del verdadero tipo Cristiania.

Mineral de Sierra Pinitos. Esta sierra se encuentra unas cuantas millas al Sur de Nogales y se extiende hacia el Sur por unas 25 millas. Las porciones central y meridional de la sierra y los picos más elevados son de rocas andesíticas, mientras que los picos de la parte Norte más fragosa son de tobas y brechas que buzan hacia afuera del centro de la sierra, el echado, disminuyendo en los flancos del antiguo volcán y descansando sobre granitos, como se ve cerca de Nogales y en el río de Santa Cruz.

Entre el río de Los Alisos y las montañas se extienden mesas compuestas de capas de tobas dacíticas de color y textura variados, cubiertas por acarreo. Las colinas de la falda son de andesitas y dacitas porfídicas iguales á las del pico principal de la sierra. Los criaderos de Pinitos vienen en la parte Sur de la sierra y consisten de cuarzo aurífero y tetrahedrita y sus productos de descomposición con alta ley de plata. Varios de estos criaderos están en el con-

tacto entre la roca andesítica común y la dacita intrusiva, pero más comunmente son vetas de fisuras compuestas. En el granito no se han encontrado vetas costeables, pero ocurren igualmete en el pórfido andesítico compacto, en la andesita fragmentada y en la dacita de color pálido. Las vetas tienen un rumbo N. ó NNW., verticales ó echadas al E. 20° á 40°; con espesor de 1,50 m. á 2,10 m. y baja ley de oro.

Completa este precioso contingente para la geología de la Sierra Madre entre Sonora y Chihuahua, un corte de la misma sierra desde Parral hasta el Golfo de California, cerca de Culiacán, Sinaloa, en el cual se representan todas las rocas que forman el suelo; rocas cuya naturaleza determina y cuya posición, extensión y relaciones describe; acompañando á esta descripción geológica la de la topografía del camino seguido por el autor con numerosas y valiosas observaciones referentes á fenómenos de metamorfismo y á la existencia de criaderos minerales en las diferentes rocas que describe, y terminando por establecer para las rocas el orden de sobreposición siguiente: 1. Andesita, la roca más vieja de la región; 2. Traquita; 3. Granito; 4. Dacita; 5. Rhiyolita; 6. Basalto, la roca más joven de la región. Es digno de llamar la atención la concordancia entre las observaciones de Weed y las de Buelna en lo que respecta al granito, pues este último había ya encontrado, al recorrer la región del Estado de Durango limítrofe con Chihuahua y Sinaloa, una roca granítica (diorita) posterior á las andesitas.

R. T. Hill, en su «Report upon the geology of the Santo Domingo Placer Fields, Magdalena District, Sonora,»

describe la geología de la región y el valle del río de Santo Domingo, y la geología la divide en dos formaciones: sedimentarias é ígneas, estableciendo en las primeras las divisiones siguientes, que él llama formaciones: 1.º Durazno. 2.º La Brisca. 3.º Saracachi y Santo Domingo, y en las ígneas distingue: Rhyolita de Santo Domingo, Andesita de Golden Bar y Rhyolita de la montaña Caliche. Caracteriza la formación Durazno, que es la más antigua, por arcillas apizarradas negro-azuladas, que algunas veces alternan con delgadas capas de arenisca, que él refiere al Cretáceo, están deformadas cerca de Cucurpe y cortadas por diques de andesitas porfídicas. La formación Brisca, que es la más extensa del Distrito, consiste de tobas volcánicas depositadas en capas de color amarillento, con alguna arena cuarzosa y llevando muchas capas de pequeños fragmentos angulares de rocas ígneas; tiene un espesor de 150 m. por lo menos; está cortada por fallas en el flanco Este de la montaña Caliche, en donde queda interrumpida. En Santo Domingo la formación Brisca descansa en una rhyolita antigua. En el flanco occidental de la montaña Caliche aparece la formación Brisca con caracteres muy semejantes, pero cubierta por una dacita característica; hace de ella una división de la formación Brisca, llamándola división Cucurpe, que dice descansa en un conglomerado volcánico, que á su vez se apoya sobre diques ígneos macizos, y cerca de la cima de la formación Brisca, hay una capa de cosa de 10 m. de toba dacítica blanca. La formación Brisca tiene un espesor de 150 m. cuando menos, y está tambien cortada por grandes fallas á lo largo de la base de la sierra Caliche. Declara la formación Brisca ante-

rior á la formación de la sierra Caliche, y probablemente, dice, existía antes de que se hubiese formado el valle y las montañas que lo limitan. La antigüedad de la formación Brisca está atestiguada por su deformación, dislocación, plegamiento y afallamiento. La formación Saracachi es el acarreo de color rojizo que se encuentra sobre las terrazas más altas del río, y en cuya formación viene el placer de oro de Santo Domingo.

Las rocas ígneas abundan como necks y diques y como detritus; siendo las rhyolitas y las andesitas las principales. La andesita corta á la formación Durazno bajo la forma de diques. La rhyolita es la dominante, y parece haber dos épocas de erupción de dicha roca; la más antigua es anterior á la formación La Brisca, cuyo conglomerado de la base se ve descansar sobre una corriente de estructura perlítica; el pico de la sierra Caliche es un gran neck de rhyolita más reciente, del cual radian muchos diques de la misma roca.

Las formaciones La Brisca y Durazno tienen sus estratos inclinados al W., pero su continuidad se interrumpe por una zona de fallas con un salto de 160 m., que se extiende á lo largo de la base oriental de la Sierra Caliche.

La formación Durazno fué intensamente plegada antes del afallamiento, y la formación La Brisca fué arrugada después del afallamiento en pliegues abiertos.

En la geología de la sierra de Santa Eulalia distingue dos formaciones: una de caliza compacta fosilífera, de 600 m. á 900 m. de espesor, de color gris azulado, con nódulos de perdenal, llevando ostreas, requienias, rudistas de la Serie Comanche de Texas, pertenecientes á la división Ed-

wards limestone del autor; esta caliza está cubierta por rhyolita, dacita y toba dacítica y rhyolítica, que hizo erupción según él por fracturas, cuyas raíces son los poderosos diques que existen en la localidad. La caliza muestra una variedad de pliegues: anticlinal, quaquaversal y monoclinal, cortados por una gran falla que se extiende á lo largo del eje de la montaña con R.-N. 20.° W, muriendo al N. Da después la descripción de las minas y algunas ideas respecto al origen de dichos criaderos que considera de substitución por el procedimiento conocido como metasomatismo.

En un artículo sobre los depósitos minerales de Cananea, Sonora, declara que este distrito minero está situado en el eje de una «typical lost mountain» ó sea una sierra aislada, separada del tipo general que se encuentra en Arizona y México, considerándola como la porción superviviente que ha resistido la intensa erosión atmosférica. La geología la describe como la continuación de la del Sur del Colorado y Arizona, que tiene al Norte de México la sucesión siguiente: Granito, Caliza paleozoica, Rhyolita y Andesitas. En La Cananea la formación es principalmente una masa de rhyolita porfídica intrusiva en la caliza paleozoica, que le sigue en importancia como constitutiva del suelo. La rhyolita, aunque aparentemente representa las raíces de un viejo volcán, no es volcánica sino plutónica. La caliza paleozoica y las cuarcitas que la acompañan son del tipo que puede llamarse Bisbee sequence (sucesión), que caracteriza el Sur de Arizona, probablemente 120 m. á 150 m. de la caliza de la base del Cambrico, y un espesor igual de la cuarcita subyacente de esa serie. Descansan en El Puertecito en el granito y son cortadas por diorita.

Las rocas eruptivas consisten de varios tipos generales, granitos blancos, pórfidos cuarcíferos de dos tipos, una andesita porfídica básica, diabasa y diorita. Estas rocas ocurren, como batholitas, «necks» diques y tobas de erupción, y representan protusiones y apofises de grandes magmas que, indudablemente, subyacen en toda la área á grandes profundidades. El granito blanco es un magma batholítico más reciente que la caliza é intrusivo en ella. Los pórfidos cuarcíferos son «stoks» y diques. La andesita se encuentra en abundancia en el extremo norte de la montaña, y es notable como intrusión en la base de la serie de rocas eruptivas. Diques de diabasa cortan á los pórfidos cuarcíferos, y pequeños diques de diabasa cortan á la caliza en el «Democrata Gulch.» Los diques de diabasa corren N. 65° W., mientras que los de pórfido cuarcífero varían de N. 45° W. á N. 65° W. El agrietamiento y afallamiento de la región, sigue también el rumbo medio NW.-SE. Se ocupa después de la descripción de las minas, la mineralización y la génesis de los criaderos, con las relaciones que tienen con las rocas del terreno y las líneas de fractura.

En un trabajo titulado «The Geology of the San José District, Tamaulipas, México, G. I. Finlay,» estudia la geología de una parte de la Sierra de San Carlos, Tamaulipas, en donde está situado el Mineral de San José. Después de una descripción topográfica de la Sierra de San Carlos y del valle, en donde se encuentra el caserío de San José, en la cual da las alturas de muchos puntos importantes, y la hidrografía á grandes rasgos, da á conocer la naturaleza de las rocas, su importancia como constituyentes de la sierra, su estratigrafía y su estructura.

La serie sedimentaria de San José está compuesta de calizas y pizarras; las primeras forman el miembro más importante, son gris azuladas en bancos gruesos, silizosas, que refiere al Cretáceo y dice haber encontrado en ella Belemnites y una Exogyra; tienen su echado hacia afuera, siguiendo una disposición radiante; siendo el echado medio de 35°. Dice que la caliza en otra época cubrió toda esta andesita y quedan todavía lugares en que se ve la caliza descansando en la andesita y que la masa de andesita que ocupa el centro es una lacolita. La caliza está metamorfizada en unos puntos y transformada en granate (grosularita) y vesuvianita; la masa principal de la caliza manifiesta los efectos dinámicos de la intrusión de la lacolita. Las fajas de concreciones de pedernal de las capas de caliza, están todas rotas por pequeñas fallas. Establece á continuación las relaciones en el terreno de las rocas ígneas que son: syenita de nephelina granitoide, diorita, andesita, basalto efusivo, y diques de Tinguaita, Diabasa, Camptonita y Vogesita, todas, rocas muy raras en México, y algunas son por primera vez conocidas en nuestro territorio. El orden de sucesión que establece, és el siguiente:

Syenita de nephelina granitoide, Montañas de San Carlos, para la cual establece cuatro tipos: (a) Barril, (b) Arroyo Grande, (c) Mesa Verde y (d) Mesa Verde facies básica.

Diorita de Mina Begonia y 2 kilómetros al N. E. de San José.

Andesita, forma la lacolita posterior á la Diorita. Esta tiene afinidades diabásicas.

La Andesita varía de normal á Dacita andesita mica-

cea, Andesita de augita y hornblenda, Dacita de pyroxena.

En la Andesita distingue tipo San Narciso y tipo Begonia, y en la Dacita también dos tipos: Florencia é Imógenia.

Basalto (Tinguaita, Camptonita, Diabasa y Vogesita en diques).

Basalto porfirítico de Arroyo Grande. La Tinguaita es posterior á la Andesita, á la cual corta en diques de dos tipos: porfiroide y afanítico.

Camptonita, Vogesita y Limburgita en diques, que cortan á las otras rocas.

La Tinguaita es la roca en cuyo contacto vienen el criadero de hematita y magnetita y los cupríferos de San José.

La Camptonita forma diques de unos cuantos centímetros de grueso en la Syenita de nephelina de San Carlos.

La Vogesita forma un dique de $1^{m}.25$, en la Andesita; es afanítica y casi completamente negra.

La Limburgita, es afanítica y negra, y se encuentra en el flanco occidental de la Sierra de San Carlos.

Hace la discusión de los análisis para llegar á la clasificación cuantitativa de las rocas, que dá de acuerdo con la obra de Cross, Iddings, Pirsson Washington.

El mismo autor ha dado á luz un artículo titulado «Geology of the San Pedro, District, San Luis Potosí, México,» en el que describe la geología general del Mineral como calizas y pizarras cretáceas cubiertas por rhyolita; la caliza y las pizarras con rumbo N. 25° E., que varía á N. 25° W.; plegadas en anticlinales y sinclinales y algunos pliegues en Z.; las calizas llevan concreciones de pedernal. Es-

tablece las relaciones que existen entre las andesitas y las calizas, tanto en lo que respecta á edad como á la participación que las primeras tienen en la génesis de los depósitos minerales, pues éstos están en el contacto de la andesita y las calizas, si bien algunos están en la caliza, pero solamente á unos cuantos pies de distancia de la andesita. Todos los trabajos profundos llegan á la andesita. Los criaderos son plumbíferos, dispuestos en series ó sucesiones de cámaras ó salones; contienen también un poco de malaquita y crysocolla. La rhyolita parece no haber tenido ninguna influencia en el depósito de los minerales.

Para terminar esta somera reseña, en la cual hemos pasado en revista los trabajos que han traído un contingente importante al adelanto de la geología en Mexico, y habiéndonos ocupado preferentemente de los trabajos referentes á geología descriptiva, estratigráfica, histórica y paleontológica, haremos mención de los principales trabajos relativos á geología minera, que dada la importancia que esta industria tiene en el país, son tan numerosos, que sólo para enumerarlos necesitaría llenar muchas páginas; igualmente indicaré las más salientes publicaciones que se ocupan de otras ramas, tales como seismología, petrografía, meteorología, hidrología, etc.

En lo que respecta á geología minera, merecen mención especial, por las ideas sobre génesis de los criaderos, descripción de estos y geología de la región en que se encuentran, los trabajos de M. Tinoco sobre los depósitos cupríferos del Distrito Minero de Santa Agueda, Baja California; San Andrés de la Sierra, Durango. J. Birkinbine, sobre el Cerro Mercado en Durango, y la producción de

fierro en México. E. Cumenge, sobre el yacimiento cuprífero de Inguarán, Michoacán. A. Dollfuss y E. de Monserrat, que hicieron un estudio del Mineral de Sultepec. J. D. Fleury, la región estanífera de Santa Isabel, Cacaria, etc., en Durango, é Informe sobre las minas de carbón de San Felipe y El Hondo, Coahuila. Franck B. Fowles: Mining Camps near Topia, Durango.—P. Frazer: Certain silver and iron mines in the States of Nuevo León y Coahuila. E. Fuchs: Note sur le gisement de Cuivre de Boleo. J. M. Gómez del Campo, publica numerosos trabajos con datos sobre los criaderos dé casi todos los distritos mineros de Chihuahua y algunos de San Luis Potosí. A. J. Grayson ha publicado los primeros datos relativos á la fisiografía de las islas Tres Marías y Socorro. E. Guillemin Tarayre publicó trabajos muy interesantes en los Archives de la Comm. Scient. du Mexique, sobre las minas de plata de la Baja California, las minas de la Provincia de Jalisco, y datos sobre la geología de Sonora, fundados en la inspección de una colección de rocas que se le mostró de ese Estado, y además una nomenclatura de los términos usados en la industria metalúrgica en México. C. Hall: Informe sobre la exploración del fundo minero de Cacachilas. E. Halse describe los criaderos de manganeso de Baja California, los de antimonio de Sonora, que con anterioridad habían sido dados á conocer por E. T. Cox, algunas vetas auríferas de Zacatecass, algunas vetas argentíferas de México, las minas de mercurio de Huitzuco, el Distrito minero de Tehuilotepec, Guerrero; los criaderos de estaño de Sain Alto, Zacatecas, y Minas profundas de México, y los cambios en los respaldos, el criadero y el mineral.

A Hoppenstedt publicó, de 1891 á 1894, varios informes relativos á distritos mineros de los Estados de Jalisco, Guanajuato, Guerrero, México, y un interesante artículo sobre la producción del oro en la República, ocupándose en todos con algún detenimiento de la geología de los distritos que estudiaba.

T. L. Laguerenne, en numerosos informes y artículos á propósito de criaderos de plata, mercurio, oro, ha descrito la geología de algunas porciones del Estado de Guerrero. C. F. de Landero ha contribuido al adelanto de la mineralogía mexicana con sus trabajos sobre distribución geográfica de las especies mineralógicas y su Sinopsis Mineralógica ó catálogo descriptivo de los minerales, y sus informes mineros sobre distritos de Baja California y de los Estados de Hidalgo y Jalisco, dan idea de la riqueza y la geología de dichos distritos.

Pedro López Monroy ha dado á conocer, en sus informes publicados en los años 1868 á 1899, datos interesantes de los criaderos de algunos distritos mineros de los Estados de Zacatecas, San Luis Potosí y Sinaloa, y apuntes históricos relativos al descubrimiento de minas en Guanajuato. Ha también determinado algunas especies minerales y publicado sus observaciones sobre algunos combustibles minerales de México. Su contingente más importante es «Las Minas de Guanajuato.» Memoria histórica descriptiva de dicho distrito, que se publicó en el tomo X de los Anales del Ministerio de Fomento.

J. Malcolmson y R. E. Chism, en distintos años y en la misma publicación científica, dan ideas generales sobre la geología de Sierra Mojada y sus criaderos minerales.

Este último ha descrito también, el mineral de Catorce. Los demás Distritos Mineros, han sido objeto de trabajos más ó menos interesantes. Muñoz Baltazar y J. C. Haro, dan á conocer el Mineral de Cerro Colorado, Chihuahua. El primero publica, además, datos de la geología del Mineral del Oro.

Zalazar Leopoldo y C. Hall, han contribuido á nuestro conocimiento del Mineral histórico de Taxco. C. Sellerier y R. Servín, han publicado descripciones interesantes de los criaderos hidrargiríferos de Huitzuco, Guerrero. El último también ha dado reseñas de la geología de la Sierra del Carmen, Coahuila. C. Sellerier, en su opúsculo «Data referring to mexican mining,» publica un cuadro en el cual cita por cada uno de los diferentes sistemas estratigráficos existentes en el país, los diferentes criaderos minerales en ellos conocidos, siendo este un verdadero cuadro de la distribución geológica de los criaderos minerales de la República. Schuchard, en un informe relativo al Mineral del Mazapil, describe la geología de este importante antiguo mineral, y de paso cita localidades de interés geológico en el Estado de Coahuila. M. Silva, en su memoria sobre el Mineral de Mazapil, completa los datos de T. Acuña, sobre dicho distrito minero, y trata de determinar con los fósiles recogidos y sus observaciones de la estratigrafía del lugar, la edad geológica de las calizas y pizarras en que arman los criaderos de Mazapil. M. Velázquez de León, publica un corte geológico de Fresnillo, que viene á completar los conocimientos que sobre dicho Mineral nos dejara Pascual Arenas; en «A Notice of the Mining District of Asientos de Ibarra in the State of Aguascalientes,» describe la geología

del Mineral, los sistemas de vetas clasificados según el metal útil contenido y las relaciones de estas vetas con las rocas constitutivas del distrito.

Weidner Federico G., en su informe científico sobre el cerro Mercado de Durango, despierta el primer interés científico é industrial sobre el cerro Mercado, dando á conocer sus ideas sobre su constitución geológica y la naturaleza de tan importante criadero.

F. de P. Zárate, contribuye al conocimiento de la geología de Zacatecas, con sus informes, Minas de Sombrerete, Minas de la Negociación de San Rafael, Zacatecas, y su interesante opúsculo: «Apuntes sobre la minería del Estado de Zacatecas.»

De todo lo que precede, se desprende que la literatura geológica mexicana está ya bastante crecida, pero desgraciadamente la ciencia no ha alcanzado un grado elevado de desarrollo, antes por el contrario, está todavía en su infancia, y la época presente es una época de gran importancia, porque todavía está por describirse y estudiarse la mayor parte del país, y aunque los trabajos ya publicados abrazan una gran parte del vasto campo de investigación de la ciencia geológica, dichos trabajos, imperfectos en su mayoría, son esencialmente descriptivos como corresponde á la fase porque pasa la geología mexicana, así: los trabajos de metalactología ó ciencia de los criaderos minerales son todos descriptivos, tocan incidentalmente y á grandes rasgos la geología, y pocos, muy pocos, se ocupan tímidamente de la génesis de los criaderos; los trabajos de geología fisiográfica son meramente descriptivos, más bien desde el punto de vista topográfico que del geo-

gráfico, y no se ocupan de la geomorfogenia, ó sea de la relación entre las causas que han producido las formas del suelo y la manera como han efectuado su trabajo; la geotectónica, apenas empieza á estudiarse por los miembros del Instituto Geológico; la vulcanología y la seismología han entrado en el período descriptivo y de crónicas de las manifestaciones de la actividad séismica y volcánica, y difícil me sería citar un trabajo en que se trate de la vulcanogenia y de la seismogenia con acopio de datos de observación, ó hipótesis que, por sus fundamentos, tengan visos de probabilidad; la geología estratigráfica y la paleontología están un poco más adelantadas, pero se puede decir que han nacido hace apenas unos veinte años; la hidrología, no obstante su gran importancia para la agricultura, en un país que tiene más de la tercera parte de su superficie desprovista de agua, sólo cuenta con los registros y datos recogidos por empíricos afortunados, y desde hace cinco años que, además de los miembros del Instituto Geológico, se preocupan algunos del estudio de la hidrología subterránea, que, en cuanto á la superficial ó, mejor dicho, de superficie, existe ya una Comisión Federal, que hará fructuosa cosecha en un campo que, hasta hoy, está casi completamente virgen. Más afortunada, la Mineralogía cuenta ya con un gran caudal de conocimientos adquiridos, especialmente en lo que tiene de aplicación á la minería, que en cuanto á la ciencia pura no ha sobrepasado á la geología. La cristalografía, ciencia especulativa, y la litología, ciencia muy moderna, en su parte descriptiva ó petrografía, siguen muy de cerca á la geología, de la cual es el apoyo firme para la parte descriptiva ó geognosia. La

síntesis mineralógica y geológica no han empezado todavía su desarrollo en nuestro país, y la meteoritología no cuenta sino con alguna que otra imperfecta descripción de caídas de meteoritas, y análisis y descripción de las meteoritas conocidas.

Este es, á grandes rasgos, el estado que guarda la ciencia geológica en México, en los momentos en que se funda la Sociedad Geológica Mexicana; éstos, los trabajos de los que la han precedido en el camino que ella va á recorrer, y á los cuales rindo aquí un tributo de gratitud. Que los miembros de la Sociedad Geológica Mexicana, en su afán por el progreso científico del país, al recorrer el territorio nacional, corrijan los errores existentes, exploren las regiones que permanecen desconocidas, estudien en detalle las ahora incompletamente descriptas y estudiadas, descubran y den á conocer todo lo nuevo, y constituyan sobre base sólida la geología, haciendo que, dentro de breve plazo, la literatura Geológica Mexicana se haya centuplicado.



LAS BARRANCAS DE LAS MINAS Y DE TATATILA,

E. de Veracruz,

POR EZEQUIEL ORDOÑEZ.

Entre la base norte del Cofre de Perote y las montañas que ligan la sierra de Puebla con la Sierra Madre Oriental, hay un paso sin transición de la Mesa Central á la región de la Sierra, que soporta aquí á esa gran mesa continental. Los Llanos de Perote, sobre los que se levanta la montaña del Cofre de Perote, vienen á terminar bruscamente, en un borde muy poco elevado y en donde se inician hacia el Norte, grandes y profundas cortaduras, y hacia el Oriente, una pendiente que, habiendo sido antes abrupta, no es ahora tan rápida, á causa de poderosas corrientes de lavas surgidas de las pendientes del Cofre; lavas muy recientes que han venido á modificar bastante la topografía de la región.

Hay un contraste muy sensible, como es de suponer, entre las llanuras de la mesa y las pendientes hacia el Este; las primeras son áridas, monótonas, cubiertas en gran parte de cenizas volcánicas, bien que interrumpidas aquí y allá por grupos de montañas, por cerros aislados ó por malpaís, mientras que en las vertientes, el clima, constantemente húmedo, mantiene una vigorosa y abundante vegetación;

las líneas del relieve son bastante fuertes, como engendradas por una poderosa erosión, así como por la acumulación irregular de los recientes productos volcánicos que han formado el extenso malpaís que cubre la región de Las Vigas hasta Jalapa, Coatepec, etc.

Las grandes cortaduras de que acabamos de hacer mención, verdaderas fosas de más de mil metros de profundidad y de siete ú ocho kilómetros de abertura, tienen, del lado de la Mesa que tajan bruscamente, el aspecto de colosales anfiteatros, tanto por la forma semicircular de su contorno general, como por la horizontalidad de sus bordes y el escalonamiento de sus paredes en la parte superior, mientras que en el fondo, los arroyos convergentes se separan por taludes más ó menos radiantes. Los más importantes de estos anfiteatros, conocidos simplemente con el nombre de «Las Barrancas,» son el de Las Minas y el de Tatatila, separados por una aguda cresta. Los dos tienen casi la misma constitución geológica.

Las Barrancas han llamado la atención desde hace mucho tiempo, porque en su fondo se encuentran yacimientos minerales de contacto, cuya real importancia no es bien conocida, debido á que han sido generalmente mal llevadas las investigaciones mineras. A pesar de eso, los criaderos rinden hoy algunas cantidades de oro y de cobre.

En relación con la naturaleza geológica, las barrancas se pueden dividir topográficamente en dos partes: I. El anfiteatro propiamente dicho, formado de paredes acantiladas, separadas por pequeños taludes; los muros tienen en total una altura aproximada de 350 metros. II. La parte inferior que sirve de apoyo á estos muros gigantescos.

Los muros son gruesas corrientes de lavas, separadas entre sí por masas de aglomerados volcánicos y de brechas volcánicas; el fondo de las barrancas está constituido de rocas más antiguas, principalmente de calizas, probablemente cretáceas, de un macizo grande de rocas intrusivas, cubiertas en partes por taludes de derrumbamiento y acumulaciones de material basáltico y, por último, de restos de grandes corrientes de rhyolitas.

No podríamos dar una buena descripción de estas barrancas para dar una idea de su belleza; son verdaderamente grandiosas, no sólo por la abertura inmensa de los anfiteatros y por su profundidad, sino también por la horizontalidad del borde de las paredes más ó menos dentelladas; la superficie de los muros se ve á distancia como estriada á causa del partimiento rudamente columnar de la roca. Al pie de estos grandes acantilados crece una variada vegetación, cuyo desarrollo se explica por el clima siempre húmedo y por las aguas corrientes que, viniendo de la Mesa, se precipitan en cascadas que aparecen desde lejos como delgadas cintas apenas movientes. Las altas montañas que se ven al Norte de las barrancas, al pie de las cuales salen los ríos por desfiladeros ó por cañadas angostas y profundas, dejan presumir, por sus fuertes pendientes y accidentes, el vigor del relieve de toda la comarca.

Las rocas granudas que yacen en el fondo de las barrancas y sobre las cuales apoyan en muchos puntos las lavas de la parte superior, son el producto de una sola intrusión, sin embargo de mostrar en diferentes lugares diversa composición mineralógica, hecho que procede de la diferenciación del único magma de donde vienen.

El tipo de roca dominante en la región, es el de una monzonita cuarcífera: mezcla variable de feldespato monoclínico, y de feldespatos calcosódicos; el primero, en grandes playas alotriomorfas, y el segundo, automorfo; el cuarzo cubre los intersticios entre ellos. Los minerales ferromagnésicos son: la piroxena, la hornblenda, y á veces la biotita. Nuestros ejemplares proceden de cuatro lugares diferentes, bastante distantes unos de otros. Tres localidades son del contacto de estas rocas con las calizas y, por lo tanto, de cerca de los yacimientos minerales, y la otra de la parte superior del macizo intrusivo cerca de las corrientes de lava del coronamiento de las barrancas.

Justamente, en el fondo de la barranca, donde desemboca el río de las Minas, enfrente de un gran acantilado de toba rhyolítica, está situado el pueblo de «Las Minas,» inmediato á las minas abiertas en las paredes abruptas de la barranca. Un poco arriba, siguiendo la margen del río y después de haber pasado un gran tramo de roca de granate, se encuentran las monzonitas cuarcíferas; unas veces sólo conteniendo hornblenda, como mineral ferromagnésico; otras veces, también, augita, en partes transformada en dialage y pequeñas cantidades de biotita. El aspecto cataclástico que se ve al microscopio en algunas de estas rocas, deja suponer los esfuerzos mecánicos á que han estado sometidas. Además, enteramente en contacto con la roca de granate, se encuentran monzonitas con estructura dominante granofírica, sirviendo ésta de pasta á grandes cristales de feldespato oligoclasa y de piroxena; otras veces, estas monzonitas porfiroides aparecen como verdaderas brechas de fricción.

Ascendiendo por la margen del río mencionado hasta casi media altura de la barranca de Las Minas, cerca del pueblo de Tenepanoya, hay un girón de calizas medio cubiertas por derrumbes y tobas volcánicas, que se interpone entre las monzonitas de que acabamos de hablar, y otro afloramiento de roca semejante. Entre el contacto de las calizas y de las rocas granudas, hay una masa de apariencia filoniana, constituida principalmente de hematita y magnetita, que ha comenzado á explotarse recientemente. Al lado de verdaderas monzonitas, encontramos aquí un granito alterado de biotita y augita, y una roca que se puede referir á un gabro compuesta solamente de labrador y de augita ó dialage. Entre la masa del fierro y estas rocas, volvemos á encontrar las monzonitas de grano fino, y las monzonitas porfiroides que se ven en los criaderos de Las Minas.

Los mismos pasos de las monzonitas propiamente dichas hacia los granitos de augita, ó hacia los gabros, se repiten en otros criaderos de contacto en la barranca de Tatatila, cerca del pueblo del mismo nombre. En cambio, en la parte superior del macizo intrusivo, cerca de las lavas de los anfiteatros, en los pocos lugares donde se halla la roca relativamente fresca, solamente vemos granitos de biotita y de augita, los feldespatos calcosódicos son raros. Aunque otras variaciones menos marcadas hemos observado al microscopio, podemos decir, en general, que la monzonita, el gabro y el granito, son los tres puntos entre los cuales oscilan las rocas de este macizo intrusivo, que, como se ve, se presta á un estudio detenido, particularmente desde el punto de vista de la composición química,

lo que nos proponemos hacer más tarde, partiendo de los análisis de las rocas aquí rápidamente descritas.

Las calizas, probablemente cretáceas, están casi en todas partes transformadas en mármol, cambiando desde un grano muy fino, hasta masas de grano tosco, y por lo tanto no muy coherentes. Suele encontrarse en algunos lugares en contacto con los criaderos minerales, calizas cristalinas teñidas en azul por carbonatos de cobre. Hemos dicho ya, que una zona de calizas apoyada contra la monzonita, atraviesa la barranca un poco abajo de Tenepanoya y se prolonga debajo de las lavas de los anfiteatros hasta cubrir parte del fondo de la barranca de Tatatila. En una gran parte de esta zona, el contacto de la caliza con las rocas monzoníticas, se hace bajo un ángulo muy fuerte, y es aquí donde se encuentran poderosas masas de minerales de fierro, entre las que se encuentran bolsas y vetas angostas de mineral de cobre aurífero. Hacia el fondo de la barranca de Las Minas, las calizas cubren una superficie mucho más grande, aunque cortada en varios puntos por las cañadas. Como el contacto de estas calizas con la roca intrusiva, se hace en este lugar bajo un ángulo pequeño, las calizas ocupan la parte superior de los contrafuertes de las barrancas. El pueblo de Las Minas, situado en el fondo de la gran fosa, está dominado por imponentes acantilados de cien á doscientos metros de altura.

Como hemos dicho, las barrancas se han abierto justamente en el flanco Norte del Cofre de Perote, siendo las lavas de las primeras erupciones de este volcán, es decir, las de la base del gran cono, las que vemos ahora en el borde de las barrancas, escalonado en forma de anfiteatro.

Unas veces dos, otras tres, y aun cuatro corrientes sucesivas se ven sobrepuestas, ya apoyando directamente una sobre otra, ya separadas por gruesos mantos de aglomerados y aun de brechas volcánicas. Fácilmente se puede observar, que el intervalo de tiempo que transcurría de una á otra corriente, era en general tan corto, que no dejaba enfriar la corriente anterior. De esta manera, el plano de separación de dos corrientes, no siempre se puede distinguir con claridad, y á veces las masas de aglomerados se adhieren íntimamente á las lavas, tomando el aspecto de brechas ígneas.

Siguiendo el contacto de la corriente de lava inferior, con la roca granítica sobre que apoya, se observa que dicha lava cubrió todos los accidentes de un terreno profundamente atacado por erosión, en tanto que la superficie superior de la misma corriente, se extiende como un plano bastante regular, tal como correspondería á un líquido viscoso en movimiento, y de enfriamiento relativamente lento. Las nuevas corrientes encuentran así una superficie sin grandes accidentes, sobre la cual escurrieron sin dificultad, conservando así, tomando en cuenta la distancia grande de su punto de origen, casi el mismo espesor. De esto resulta, que la sucesión de corrientes vistas en corte en las paredes de las barrancas, se marca por líneas casi horizontales, y que la superficie de la última corriente que alcanzó la barranca, sea un plano débilmente inclinado que comienza desde Las Vigas. Debemos presumir, puesto que así lo indica la morfología del terreno, que estas lavas proceden directamente de la abertura por donde brotó el material que forma la parte principal del macizo del Cofre de

Perote; y para tener una idea de la extensión enorme que abarcaron las lavas que construyeron la base de esa montaña, baste decir, que la cima del Cofre, dista cerca de 25 kilómetros del borde más lejano de las barrancas.

Todas las lavas de estas corrientes son muy semejantes entre sí, y todas afectan un partimiento columnar más ó menos claro. Son las rocas de color gris obscuro hasta negro, con fenocristales de feldespato abundantes. Las lavas responden á la composición de las andesitas de augita, mostrando al microscopio una pasta de vidrio en partes turbio ó de color pardo, en partes incoloro, en el que abundan microlitas de oligoclasa, sin que falten microlitas de labrador, granitos de óxidos de fierro y microlitas de augita muy variables en cantidad. El labrador es el feldespato dominante entre los fenocristales, muchos de ellos con zonas de crecimiento. La augita viene en cristales, aunque no de las dimensiones de los de feldespato, tiene muy débil pleocroismo, y muchos cristales se ven macleados según el plano del ortopinacoide (100). La hiperstena existe en estas rocas siempre en menor abundancia que la augita, de la que se distingue inmediatamente, no sólo por su color, sino por su fuerte pleocroismo y extinción.

Comparando estas lavas con las de la cima del Cofre de Perote, que son, en general, más claras de color, y más porfiroides, se observa que poco difieren en composición. Sin embargo, en éstas, la augita es más abundante en la pasta en la forma de microlitas, al mismo tiempo que disminuye entre los fenocristales, dejando así preponderar la hiperstena. De esta semejante composición mineralógica se podría deducir, que más aún lo será la composición quí-

mica, demostrando de esta manera que la naturaleza del magma original de donde proceden estas lavas, no ha sufrido, durante la larga serie de erupciones del Cofre, ninguna modificación importante en su composición.

Sobre las calizas, ó sobre las rocas intrusivas del fondo de las barrancas, se encuentran en varios lugares gruesos bancos de tobas rhyolíticas, restos de poderosas corrientes. Estas tobas se ven principalmente al descender la barranca, desde Tenapanoya para Las Minas, en donde grandes acantilados de esta roca cubren en partes á la roca de granate que acompaña á los criaderos, y por último, las vemos en la barranca de Tatatila, formando los muros que se levantan al norte del pueblo de Tatatila. Esta toba, de color claro, gris ó rosado, afecta en varios puntos una preciosa estructura columnar, mencionando especialmente á este respecto, el banco grueso que se levanta enfrente del pueblo de Las Minas, donde se ven las columnas agrupadas en formas muy caprichosas.

Bien que actualmente estas rocas fragmentarias ácidas no desempeñan sino un papel secundario en la constitución de las barrancas, no es difícil observar que fueron depositadas en la forma de un manto continuo, que cubrió parte de las calizas ya muy atacadas por la erosión, y parte de las rocas intrusivas puestas á descubierto por las acciones atmosféricas, y quizá por movimientos tectónicos. Para tener una idea de la importancia de las erupciones rhyolíticas en esta región, sería necesario descender por el camino de fierro Interoceánico hasta más allá de Jalapa, para ver que sobre tobas rhyolíticas semejantes, se han depositado, no sólo las lavas del malpaís, brotado en los flancos

del Cofre, sino también las lavas andesíticas que construyeron esta montaña. Abajo de Jalapa, cerca de Chavarrillo, se ve el borde de una antigua mesa rhyolítica, que se extiende al norte, hacia la barranca de Naolinco. Es posible que las tobas rhyolíticas de las barrancas de Las Minas y de Tatatila han formado parte de esta gran meseta, y en ese caso no se podría desconocer la conexión directa que existe entre este material y el de la misma naturaleza que se encuentra sobre la Mesa Central, en los Llanos de Perote, ó en los flancos de la Sierra de Puebla. Así vemos, cerca de Villa de Libres, corrientes de rhyolitas ya muy denudadas, y en los Llanos, el cerro Pizarro, un magnífico cono rhyolítico aislado, bañado en su base norte y este por un extenso malpaís basáltico.

Si hay, en efecto, un manto más ó menos continuo de rocas rhyolíticas que pasa debajo de las lavas del Cofre de Perote, y de los pequeños volcanes que han nacido en sus flancos, no es difícil explicarse la manera cómo el terreno ha adquirido su actual fisonomía: Después de la erupción de las rhyolitas, una gran meseta ó, mejor dicho, una serie de mesetas escalonadas se extendía en plano inclinado, casi desde el límite occidental de los llanos de Perote hasta más allá de Chavarrillo. De esta antigua meseta rhyolítica surgían, como ahora de este borde de la Mesa Central, no sólo las eminencias rhyolíticas sobre los focos de su erupción, sino también montañas constituidas de calizas cretáceas muy plegadas, como asoman hoy en los flancos occidentales del Cofre de Perote. Inmensas cantidades de lavas arrojadas posteriormente durante la formación de este volcán han elevado mucho el terreno; la base oriental de

este cono fué rápidamente destruida por erosión, dando nacimiento á una pendiente hacia el Golfo relativamente abrupta, que erupciones muy recientes de basalto en los flancos del volcán vinieron al fin á modificar.

Muchas de las regiones volcánicas recientes del Sur de la Mesa Central, ofrecen una constitución semejante á la que acabamos de indicar; es decir, se puede demostrar el papel predominante que han desempeñado las rhyolitas como un material de llenamiento, cubriendo los accidentes engendrados por los movimientos tectónicos de las rocas mezozoicas y la erosión posterior, preparando así grandes superficies más ó menos niveladas, extensas mesetas que los modernos volcanes que en ellas se han abierto paso han cubierto con sus enormes corrientes de lavas ó con sus productos fragmentarios últimamente removidos y redepositados en el fondo de extensos lagos y de cuencas pequeñas que resultaban de la desigual acumulación de estos productos. Esta condición genética de una gran parte del sur de nuestra Mesa Central no es, por cierto, un caso aislado. Muchas grandes cuencas y mesas de considerable extensión tienen el mismo origen en algunas regiones del oeste de los Estados Unidos.

Si se puede asegurar, como nos parece haberlo sugerido, que antes del decurrimiento de las lavas del Cofre de Perote que forman las paredes de las barrancas de Las Minas y de Tatatila, había una extensa mesa cubriendo parte de las rocas graníticas y de las calizas, no hay, pues, nada de extraño en que una erosión intensa ejercida sobre un material relativamente poco consistente haya sido el origen de la apertura de estas grandes barrancas, y que después

las corrientes de lava del Cofre (que están descansando sobre este material rhyolítico y sobre las rocas granudas muy alteradas), minadas en su base por las aguas atmosféricas, fueron produciendo grandes derrumbes, los que vemos como taludes al pie de los grandes cantiles, revueltos con fragmentos de lavas basálticas y de cenizas volcánicas de las muy recientes erupciones de los volcanes de los flancos del Cofre de Perote. No hay, pues, necesidad de recurrir á fenómenos complexos ó movimientos del terreno en relación con los fenómenos volcánicos de la región, para explicar la formación de estas grandes barrancas, como lo han sugerido, al menos, los geólogos de la Misión Científica de México.*

Hemos dicho que los criaderos de contacto más importantes se encuentran en el fondo de la barranca, junto al pueblo de Las Minas, y que las minas en explotación están en las paredes acantiladas que encajonan á los arroyos. A juzgar por la extensión que aquí tiene la roca de granate, parece que la mayor parte de los pequeños centros de explotación, tanto antiguos como actuales, que cubren una área relativamente grande, forman parte de un solo cuerpo, quizá continuo, irregularmente mineralizado, que apoya sobre las rocas monzoníticas que descubren en el fondo de los arroyos y que está cubierto por las calizas que se extienden en la parte alta de las barrancas. El relleno principal entre estas dos rocas es, pues, la roca de granate, dura y maciza, conteniendo á veces un poco de calcita. La roca intrusiva penetra á veces muy irregularmente en el

* Note accompagnant la carte géologique du distrist minier de Zomelahuacan. Dollfus, Monserrat et Pavie. Archives de la Commission Scientifique du Mexique. T. II. Paris, 1867, págs. 381-390.

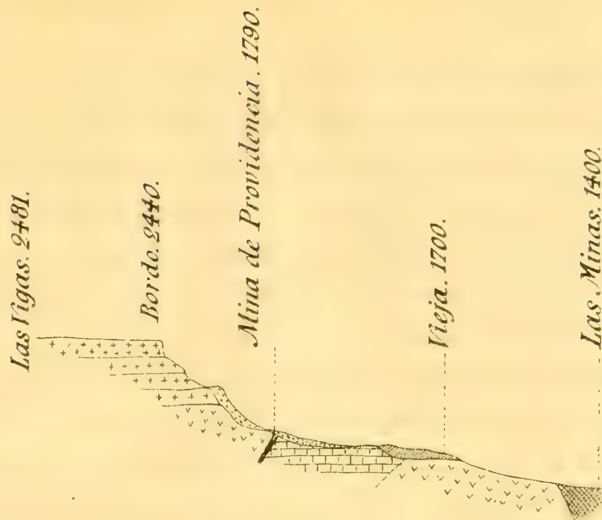
granate, se altera mucho, y se transforma en una roca verde terrosa.

Sea en el interior de la roca de granate, sea entre ésta y la roca monzonítica ó en la caliza solamente, se encuentran masas mineralizadas de forma irregular ó como vetas con rumbo y echado definidos; las que consisten, cuando se muestran al exterior, de óxidos de fierro principalmente hematita, raras veces magnetita, mezclados con cantidades muy variables de pirita y de chalcopirita. Suelen, sin embargo, verse grandes masas de óxidos de fierro desprovistas enteramente de sulfuros. Un filón de hematita de más de cuatro metros de espesor, conteniendo un poco de carbonato de cobre, hemos visto en la mina de la Cruz, arriba de la hacienda metalúrgica de San Francisco, en las orillas del pueblo de Las Minas. Se nos dice que, en este mismo filón descubierto en otra parte, la hematita contiene gran cantidad de pirita. Otras regiones mineralizadas, accesibles por los trabajos mineros, muestran, en lugar de óxidos de fierro como mineral principal, pirita común, maciza, de color muy claro, en la que se encuentran segregaciones de importancia y forma muy variables de chalcopirita maciza aurífera. En la mina del Rosario (Elsa), situada junto al arroyo de la Trinidad, al oeste del pueblo de Las Minas, hemos visto dentro de la masa de piritas la chalcopirita en forma de cuñas, ó de bolsas aisladas ó ligadas entre sí. Aunque estas segregaciones de mineral de cobre se muestran claramente definidas dentro de la masa de piritas de fierro, estas últimas contienen en todas partes granos de aquel mineral. En la mina del Rosario, el criadero no está cubierto por caliza, sino más bien empotrado

en roca de granate y en roca verde porfirítica, producto de diferenciación de la roca monzonítica y cubierto por toba rhyolítica, que se extiende hacia el este en un largo contrafuerte acantilado.

La presencia de pirita en muy variable cantidad en la masa de óxidos de fierro, el paso gradual de las masas filonianas de puros óxidos hasta masas en su mayor parte constituidas de pirita, nos induce á suponer que todos estos criaderos han sido originalmente de piritas, como se ve en la mina del Rosario, y que su transformación á óxidos es debida puramente á acciones atmosféricas. La prueba de ello es que, en muchas otras minas de este distrito, los metales consisten de óxidos de fierro; unas veces solamente auríferos; otras, con cantidades variables de minerales de cobre. En muchos casos el metal viene ocupando cavidades irregulares en la roca de granate ó en contacto con las calizas, y también como vetillas ó bolsas adheridas ó embutidas en los respaldos de las masas de hematita, conteniendo entonces como matriz el cuarzo.

Criaderos muy semejantes á los de Las Minas son los de Tenepanoya y los de la barranca de Tatatila, solamente que en éstos la roca de granate es menos abundante y en algunos de ellos no existe. El criadero más importante de Tenepanoya asoma en las paredes de una pequeña barranca como una gruesa lente, orientada de E. á W., casi vertical, de 50 metros de altura, y con espesor que varía entre 11 y 18 metros; arriba se adelgaza mucho, y se esconde entre escombros de material volcánico reciente. Está empotrada hacia el sur en monzonitas y granitos, y al norte, parte entre estas rocas y parte probablemente también en



Tobas con blocks de rocas basálticas.

Andesita de hiperstena del Cofre de Perote.

Rhyolitas y tobas rhyolíticas.

Dioritas.

Caliza cristalina.

Roca del contacto (Granate etc.) en que vienen los minerales de Fe, Cu, Au, etc.

Criadero de contacto. Mineral de fierro.

PERFIL DE "LAS VIGAS" Á "LAS MINAS."

CANTON DE JALACINGO,

VERACRUZ.

ESCALAS: VER. 1: 50,000. HOR. 1: 100,000.

C.ia LIT. Y TIP. S. A. MEX.o

calizas, las que no se dejan ver claramente por los escombros.

El criadero consiste únicamente de hematita con algo de magnetita, ambos minerales muy puros en la superficie; pero más ó menos cargados de pirita á cortísima profundidad. En los respaldos se ven, entre la roca y el mineral de fierro, un poco de granate, productos verdes de alteración de las rocas, algo de calcita, y nidos de grandes placas de mica de color verde claro. En cañadas confluentes á la de Tenepanoya existen otras masas grandes de mineral de fierro, empotradas en arcillas abrigadas á su vez por la roca intrusiva. La arcilla procede de esta roca y es el resultado de la fricción, pues algunos de estos criaderos parecen haber sufrido movimientos. Otras de estas masas de fierro arman solamente en calizas.

Muy instructivo es el criadero de mineral de fierro situado á un kilómetro al este del pueblo de Tatatila. Consiste de una gran cuña de hematita bastante pura, orientada casi de norte á sur, inclinada hacia el este cerca de 70 grados, y descubierta en una altura de 65 metros. Descansa (en el bajo) sobre calizas granudas, blancas, y cubierta en el alto por monzonitas y gabros, como ya hemos indicado en otra parte. Entre la caliza del bajo y el mineral de fierro, hay una veta angosta, ó más bien una serie de bolsas separadas del fierro por un reliz, constituidas de cuarzo, óxidos ferruginosos y calcita, sirviendo de matriz á carbonatos de cobre y oro nativo. Este criadero ha sido ya explotado, aunque no creemos que con grandes provechos, en vista de la pequeñez de dichas bolsas.

México, Mayo de 1904.

CRIADEROS CUPRO-ARGENTÍFEROS EN TAPALPA, JAL.,

por Andrés Villafaña.

El valle de Sayula, al sur del Estado de Jalisco, es interrumpido de una manera brusca por las vertientes orientales de la sierra de Tapalpa, que forman el borde occidental de la cuenca de Sayula, denominada en la localidad «Las Playas.» En esta serranía existen varios y distintos sistemas de vetas, que la atraviesan en distintas direcciones; pero dominando en ellas la del S.S.E. al N.N.W.

Después de ascender del valle de Sayula, por la vertiente oriental de la sierra de Tapalpa, se sigue al poniente una serie de cerros elevados y valles estrechos, en uno de los cuales, siendo el menos estrecho, está situado el pueblo de Tapalpa. Al internarse al Weste y llegar á las partes más altas de la sierra, se encuentran en ella varias exploraciones mineras en actual desarrollo, entre las que se pueden citar la de «Keyston Copper Smelter Co.,» «El Gavilán,» «La Mariposa» y «Zacatecas;» situadas las dos primeras en el cerro de «El Gavilán,» y las dos últimas en los cerros de «San Cayetano.»

Para concretar las ideas sobre la naturaleza del terreno considerado geológicamente y la mineralización de él, to-

maré por descripción y estudio las vetas de la mina «La Mexicana,» de la «Keyston Copper Smelter Co.»

La roca en que arman las vetas, y que constituye la mayor parte, si no el total, de la que forman las montañas, es una andesita más ó menos alterada en sus contactos con las diferentes vetas. En los arroyos, y principalmente en los que bajan del cerro de «El Gavilán,» se encuentran grandes blocks de tobas andesíticas, con estructura brechoide fácilmente reconocibles por la diferente coloración de los fragmentos.

La veta principal tiene un rumbo de N. 13°, 15′ W. (astronómico) y 68° de inclinación, buzando al Weste; al bajo de esta veta hay una zona de 40 metros mineralizada de la siguiente manera: 22 metros al bajo está la vetilla denominada veta número 3: 10 metros; al bajo de esta se encuentra la veta número 2: 8 metros; retirada de esta última existe la veta número 1, formando el bajo de la zona. Estas cuatro vetas son enteramente paralelas, de diferente naturaleza en sus llenamientos y probablemente de la misma edad.

Las vetas números 1 y 2 son de igual potencia, y ésta nunca es mayor de 0 metros, 60 centímetros, estando en forma de lentes en serie, tanto á rumbo como al echado, es decir, se presentan estrechamientos hasta llegar á ser sólo de 5 centímetros la potencia de la veta, y aumenta ésta en seguida hasta 60 centímetros, disminuyendo después de 60 centímetros á 5, y así sucesivamente. El llenamiento de estas dos vetas es análogo, y compuesto de cuarzo como matriz, con óxido de fierro (principalmente limonita) y cobre nativo: son, pues, vetas completamente alteradas, aun á la profundidad de los trabajos actuales (55 metros de la

superficie). En las partes de mayor potencia de la veta número 1, se presenta al alto de ella una pequeña zona de estructura brechoide, formada por pedazos irregulares de cuarzo con cobre nativo, cimentados por óxidos de fierro, cuarzo y una arcilla esteatitosa; la estructura de la porción del bajo de esta veta y de las otras 3 comprendidas en la zona, es concrecionada ó de incrustación. Las vetas números 1 y 2 presentan gran número de geodas, irregularmente distribuidas con cobre nativo.

La veta número 3 no se ha explorado, por ser sumamente angosta, terminando á la profundidad por una vetilla de cuarzo con su guarda arcillosa de 3 centímetros de espesor al bajo.

La veta número 4, que, como queda dicho, es la principal del sistema, tiene igualmente la forma lenticular á rumbo y al echado, solamente que sus estrechamientos ó partes angostas son de mayor potencia que en las números 1 y 2 (6 á 12 centímetros), y sus partes de mayor potencia llegan hasta 1 metro 10 centímetros. Tiene su estructura concrecionada y su matriz es solamente cuarzo amorfo, encontrándose geodas con cuarzo cristalizado y cristales de chalcopirita y tetraedrita. Los minerales explotados en ella son: tetraedrita con ley de plata, y chalcopirita con ley de oro; la ley media de ellos en la actualidad es de 300 gramos de plata y 5 gramos $^1/_4$ de oro por tonelada, con 28$^0/_0$ de cobre.

Es abundante en ellos la blenda, ya en masas, ya cristalizada, y ha aumentado con la profundidad; presentándose, en lo general, en masas amorfas de color amarillo.

Lo que hace creer que las cuatro vetas son de la misma edad, son los hechos siguientes:

1.º Al exterior sus crestones no difieren en nada, y hay una serie de venas de cuarzo que, en la forma de ramales, los une como el afloramiento de un solo cuerpo de veta de bastante amplitud.

2.º La composición de las vetillas números 1 y 2, está constituida por la alteración de los elementos que forman las números 3 y 4.

En los labrados de la parte superior de la mina y en los lugares en que ha sido más completa la alteración, se encuentran en las vetas 1, 2 y 3, el sulfato y carbonatos de cobre con óxido de fierro, y no se encuentra semejante alteración en la número 4.

No es sino después de muchas observaciones y estudio cuando se puede formular una teoría más ó menos cierta, sobre la formación de criaderos metalíferos determinados; la descripción hecha aquí servirá sólo para aumentar los datos de observación, que, debidamente recopilados y comparados por persona apta, servirán en lo futuro para establecer la «Teoría de la Formación de los Criaderos Metalíferos Mexicanos.»

México, D. F., Junio de 1904.



NOTICIA PRELIMINAR SOBRE LA FAUNA PLIOCÉNICA

de Tuxtepec, Oax.,

POR EMILIO BÖSE, DR. PHIL.

Sabemos, desde hace mucho tiempo, que en la costa del Golfo de México existen numerosas localidades donde se encuentran faunas de fósiles terciarios. En realidad, acompaña una faja de Terciario á toda esta costa, y parece que una interrupción exista sólo entre Huatusco y Motzorongo; no podemos pretender esto con seguridad, porque la región está todavía casi inexplorada; sólo sabemos que las expediciones hasta ahora no han dado á conocer allí Terciario fosilífero.

Conocemos en la parte baja de la costa, capas terciarias de diferente edad. Hemos encontrado el Eoceno, el Mioceno y el Plioceno, no considerando la costa al Este del Istmo de Tehuantepec. El Oligoceno todavía no se ha podido distinguir; pero también en los Estados Unidos del Norte esto se ha hecho muy difícil.

De las faunas terciarias mexicanas, apenas está descrito algo hasta ahora. Aguilera dió una lista en el «Boletín (4-6) del Instituto Geológico,» págs. 230-231, que reune

las anteriores de Deshayes[1] y Heilprin;[2] la última fué copiada también por Sapper en el Boletín 3 del Instituto Geológico de México. Estas listas se refieren al Plioceno de Yucatán. Más tarde publicó Spencer[3] una lista de fósiles del Istmo de Tehuantepec; la fauna había sido estudiada por Dall,[4] que publicó la descripción de algunas especies nuevas; él refirió la fauna al Plioceno, pero indicó que podría pertenecer también al Mioceno Superior. Yo me inclino á tomar esta fauna como Mioceno Superior, porque encima de ella se encuentra una netamente pliocénica.

La fauna de Tehuantepec se asemeja á la actual del Golfo; no existió ninguna comunicación entre el Pacífico y el Atlántico por la vía de Tehuantepec, lo que probaremos en otra parte, por la tectónica del Istmo; la asociación de las formas de la fauna es un comprobante para nuestra opinión, que está opuesta á la de Spencer.

La fauna ocurre en margas azul-grises apizarradas que, por la descomposición, toman un color pardo. Spencer llama esta facies la «Coatzacoalccs formation,» un nombre muy mal elegido, porque induce al error que las capas se encuentren cerca de la población de Coatzacoalcos, mientras que comienzan á una distancia de unos 30 kilómetros de esa. Spencer eligió el nombre por el río Coatzacoalcos,

1 Deshayes. «Note sur quelques fossiles, rapportés par M. Morelet du Yucatan.» Bull. Soc. Géol. de France. 2.ª serie, tomo 10, 1853, págs. 506-511.

2 A. Heilprin. «Geological researches in Yucatan.» Proc. Ac. Nat. Sc. Phil. 1890 (1892), págs. 136-158.

3 J. W. Spencer. «Great changes of level in Mexico and the interoceanic connections.» Bull. Geol. Soc. of America, tomo 9, pág. 24. 1887.

4 W. H. Dall. «Contributions to the Tertiary Fauna of Florida etc.» Trans. Wagner Free Inst. of Sc. of Philadelphia, vol. III. 1890-1903.

el cual corta nuestras capas en varios puntos, y por esto hay que reformar el nombre en división Río Coatzacoalcos. Tenemos que desechar la expresión de «formación» en el sentido como la usa Spencer, porque está en contradicción con las reglas adoptadas por el Congreso Geológico Internacional. El Instituto Geológico ha elegido la palabra de «división» para distinguir depósitos, de los cuales hoy todavía no se puede decir si son pisos, subpisos, horizontes, etc., ó si representan solamente una facies de un horizonte ya conocido. Esto es el caso con los depósitos referidos de Tehuantepec; todavía no podemos clasificar el Terciario al norte del Istmo y, por lo pronto, debemos separar los diferentes depósitos bajo nombres locales.

Sobre la división Río Coatzacoalcos encontramos generalmente arenas y areniscas blandas; cerca de Santa Rosa (estación del Ferrocarril de Veracruz al Pacífico, á 26 kilómetros de distancia de Santa Lucrecia) se encontraron numerosos fósiles en estas arenas; pero sólo de un pequeño número de especies. La localidad fué descubierta por el Ingeniero Sr. Emilio Ebergényi, así como la de Tuxtepec; el referido señor tuvo la bondad de llamar mi atención á estos dos lugares, por lo cual le expreso también aquí mis gracias.

La mayor parte de estos fósiles pertenece á *Amussium Mortoni,* Ravenel, así como lo figuran Tuomey y Holmes;[1] no estoy seguro si la especie descrita por Ravenel es seguramente la misma que la de Tuomey y Holmes, porque Ravenel no ha figurado su especie, y su descripción es algo

1 Tuomey and Holmes. «Pleiocene Fossils of South Carolina» Charleston. 1857, pág. 27, láms. IX y X.

lacónica; pero los ejemplares de Tuomey y Holmes provienen de la misma localidad. Dall[1] indica que quizá la referida especie podría ser idéntica con el *Amussium papyraceum,* Gabb; creo que ésta es sólo una variación de la primera especie. Junta con este *Amussium* se encuentra en un gran número de individuos la *Anomia simplex,* D' Orb., principalmente en la forma como la figuran Tuomey y Holmes[2] bajo el nombre de *A. ephippium,* Linné. Dall[3] ya indicó que la *A. ephippium* de Tuomey and Holmes no es idéntica con la especie de Linné, sino con la *A. simplex,* D'Orb. La especie es extremadamente variable, lo que se observa también en el material de Santa Rosa. Además de las dos especies citadas, encontré un ejemplar de *Pecten santarosanus,* Böse; uno de *Laevicardium sublineatum,* Conr., y varios de *Pyrula papyratia,* Say; además se encontraron muchos restos de bivalvos y gastrópodos rotos, que no se han podido determinar.

Esta fauna es muy pobre de especies, la mayor parte pertenece á especies vivas en el Golfo. *Amussium Mortoni* vive en el Golfo, en la variedad *papyraceum,* Gabb; se halla en agua poco profunda (30-60 brazas); lo mismo es el caso de *Anomia simplex* (0-15 brazas) y *Pyrula papyratia.*

Las únicas especies desconocidas en la actualidad son el *Laevicardium sublineatum* y el *Pecten santarosanus,* que se conocen sólo del Mioceno y Plioceno. Pero todas las otras especies han sido halladas también en su estado fósil: *Amussium Mortoni,* en el Oligoceno, Mioceno y Plioceno;

1 Dall. «Tertiary Fauna of Florida,» pág. 719.

2 Tuomey and Holmes, loc. cit., pág. 18, lám. V, figs. 4 y 5.

3 Dall «Tertiary Fauna of Florida,» pág. 784.

Anomia simplex, en el Oligoceno, Mioceno, Plioceno y Pleistoceno; *Pyrula papyratia,* en el Plioceno y Postplioceno.

Como esta fauna se encuentra sobre la del Mioceno Superior, podemos considerarla como de edad Pliocénica; esto se hará más probable cuando estudiemos la fauna de Tuxtepec, que es mucho más rica; pero que contiene también *Laevicardium sublineatum* y *Pecten santarosanus,* y que, probablemente, tiene más ó menos la misma edad como la de Santa Rosa.

La fauna de Tuxtepec se encuentra en el punto llamado Paso Real, del camino de la estación del Hule á Tuxtepec, en el borde del río Papaloápam. La parte superior del terreno está compuesta de conglomerados de rocas arcaicas; bajo éstos encontramos, en posición casi horizontal y en una altura de unos 30 metros sobre el mar, un depósito de arenas y areniscas blandas que contienen los referidos fósiles; éstos están, en lo general, mucho mejor conservados que los de Santa Rosa; pero la roca es casi igual, y en algunos casos se asemeja también bastante el estado de conservación de los fósiles.

Los fósiles que encontré en la referida localidad y que provienen todos del mismo horizonte, son los siguientes:

Pecten (Chlamys) santarosanus, n. sp.
Pecten (Euvola) Bowdenensis, Dall.
Venus Ebergényii, n. sp.
Laevicardium sublineatum, Conr.
Calliostoma cfr. limulum, Dall.
Solarium Villarelloi, n. sp.

Turritella Aguilerae, n. sp.
Turritella Tuxtepecensis, n. sp.
Vermetus pulcher, n. sp.
Anguinella virginica, Conr.
Xenophora cfr. conchyliophora, Born.
Natica canrena, Linné.
Natica (Polynices) perspectiva, Rogers.
Strombus pugilis, Linné.
Sconsia sublaevigata, Guppy.
Pyrula papyratia, Say.
Phos mexicanus, n. sp.
Cominella plicatilis, n. sp.
Melongena (Solenostira) Mengeana, Dall.
Marginella Wilcoxiana, Dall.
Marginella cineracea, Dall.
Marginella Dalli, n. sp.
Marginella cordiformis, n. sp.
Marginella latior, n. sp.
Oliva cfr. litterata, Lam.
Pleurotoma (Drillia) alesidota, Dall, var. magna, mihi.
Pleurotoma (Drillia) inaudita, n. sp.
Conus Agassizi, Dall, var. multiliratus, mihi.
Conus cfr. verrucosus, Brug.
Conus Scaliae, n. sp.
Conus Burckhardti, n. sp.

De estas 31 especies son conocidas 17: de éstas se encuentran 8 en el Golfo, es decir, casi 25% de toda la fauna; pero hay que esperar que cierto número de las especies descritas se encuentren todavía en las aguas del Golfo.

La mayor parte de las especies conocidas se encuentra en otros lugares en capas de diferente edad; así, por ejemplo, se hallan *Natica canrena* y *Oliva litterata* en todas las capas, desde el Mioceno hasta la actualidad, y la *Xenophora conchyliophora,* desde el Cretáceo Superior hasta la actualidad; *Marginella cineracea* se encuentra en el Mioceno Superior y en la actualidad; *Drillia alesidota* en el Plioceno y viva. Algunas especies conocemos sólo fósiles; así, *Laevicardium sublineatum,* en el Mioceno y Plioceno; *Anguinella virginica,* en los mismos pisos; *Natica perspectiva* y *Sconsia sublaevigata,* en el Mioceno; *Solenostira Mengeana* y *Marginella Willcoxiana,* en el Plioceno.

Si nos ocupamos con las formas aparentemente nuevas, vemos también que varias se asemejan á especies ya descritas. *Solarium Villarelloi* es pariente de *S. granulatum;* de las dos *Turritella* no conozco parientes; el *Vermetus pulcher,* n. sp., se asemeja bastante á *Petaloconchus sculpturatus,* Lea *(Domingensis,* Sby) del Mioceno.

La *Pyrula papyratia,* Say, es una especie muy notable; se puede decir que los ejemplares fósiles se asemejan más á *T. reticulata,* Lam., del Pacífico que á *T. papyratia* de las Antillas.

Entre las *Marginella,* se asemeja la *M. Dalli* bastante á *M. ballista,* Dall (Oligoceno), y se distingue principalmente por el labio exterior dentellado; también la *M. cordiformis* se acerca algo á *M. ballista,* y quizá todavía más á *M. cassis,* Dall; *M. latior* se asemeja á *M. precursor,* Dall, del Plioceno, y *M. latissima,* Dall, también del Plioceno.

La *Pleurotoma inaudita* es también una especie bastante

notable; su pariente más cercano es la *P. perpolita,* Dall, del Plioceno; se distingue principalmente por la figura más corta y robusta, mientras que las costillas le dan gran semejanza con la referida forma; creo que la *P. perpolita* es una especie distinta de la *P. lissotropis,* Dall, y que éstas forman con *P. inaudita* un grupo especial.

Phos mexicanus tiene cierta semejanza con *Phos metuloides,* Dall; pero se distingue por un seno pequeño en el labio exterior, y por esto se acerca bastante á *Phos Moorei,* Guppy.

Los *Conus* tienen bastante semejanza con algunas especies descritas por Guppy y Sowerby del Mioceno (Oligoceno?) de las Antillas. El *Conus Scaliae* se asemeja mucho al *Conus solidus,* Sow. El *Conus Burckhardti* se acerca al *Conus planiliratus,* Sowerby, pero es más esbelto, y la especie carece de la sutura surcada transversalmente; además se observan en los cordones anteriores de la última vuelta nudos pocos fuertes, que parecen faltar en la especie de Sowerby.

Daremos al fin un cuadro comparativo de las especies encontradas:

Nombre de la especie	Especie más vecina	Observaciones	OLIGOCENO	MIOCENO	PLIOCENO	PLEISTOCENO	RECIENTE
Pecten santarosanus, Böse..........	Pecten eboreus, Conr.........	....	—	+	+	—	—
Pecten Bowdenensis, Dall..........	....	....	+	—	—	—	—
Venus Ebergenyii, n. sp...........	Venus glyptocyma, Dall.......	....	+	—	—	—	—
Laevicardium sublineatum, Conr....	....	....	—	+	—	—	—
Calliostoma limulum, Dall..........	....	....	—	—	+	—	—
Solarium Villarelloi, n. sp..........	Solarium granulatum, Lam....	....	—	+	+	+	+
Turritella Aguilerae, n. sp..........	....	....	—	—	—	—	—
,, Tuxtepecensis, n. sp......	....	....	—	—	—	—	—
Vermetus pulcher, n. sp............	Petaloconchus sculpturatus, Lea.	....	+?	+	—	—	—
,, virginicus, Conr..........	....	....	—	+	—	—	—
Xenophora cfr. conchyliophora, Born.	....	También se encuentra en el Cretáceo Superior y el Eoceno.	+	+	+	—	+
Natica canrena, L.................	....	....	+	+	+	—	+
,, perspectiva, Rog............	....	....	—	+	—	—	—
Sconsia sublaevigata, Guppy........	....	....	+	—	—	—	—
Pyrula papyratia, Say..............	....	....	—	—	+	+	+

Nombre de la Especie	Especie más vecina	Observaciones	OLIGOCENO	MIOCENO	PLIOCENO	PLEISTOCENO	RECIENTE
Phos mexicanus, n. sp.	Phos Moorei, Guppy.	....	+	—	—	—	—
Cominella plicatilis, n. sp.	....	....	—	—	—	—	—
Solenostira Mengeana, Dall.	....	....	—	—	+	—	—
Strombus pugilis, L.	....	....	—	+	+	+	+
Marginella Willcoxiana, Dall.	....	....	—	—	+	—	—
,, cineracea, Dall.	....	....	—	—	—	—	+
,, Dalli, n. sp.	M. ballista, Dall.	....	—	+	—	—	—
,, cordiformis, n. sp.	M. cassis, Dall.	....	—	—	—	—	+
,, latior, n. sp.	M. latissima, Dall.	....	—	—	+	—	—
Oliva cfr. litterata, L.	....	....	—	+	+	+	+
Pleurotoma alesidota, Dall.	....	....	—	—	+	—	+
,, inaudita, n. sp.	P. perpolita, Dall.	....	—	—	—	+	—
Conus Agassizi, Dall.	....	....	—	—	—	—	+
Conus cfr. verrucosus, Brug.	....	....	—	—	—	—	+
Conus Scaliae, n. sp.	C. solidus, Sow.	....	+	—	—	—	—
Conus Burckhardti, n. sp.	C. planiliratus, Sow.	....	+	—	—	—	—

De esta lista vemos que una gran parte de las especies ó de sus parientes, ocurre en el Plioceno (11), que hay muchas también en el Mioceno (10); menos se encuentran en el Pleistoceno (5) y la actualidad (11); vemos que hay formas más antiguas también, como *Pecten Bowdenensis* y *Sconsia sublaevigata.* Como no conocemos todavía en México una sucesión no interrumpida de los pisos terciarios, debemos utilizar sólo el cuadro comparativo para la determinación de la edad; más tarde se podrán corregir estas conclusiones por el estudio de otros pisos. Creo que podemos designar á la fauna descrita una edad pliocénica, y por el predominar de las formas antiguas (miocénicas-oligocénicas) podemos referirla al Plioceno Inferior. Creo que la fauna es contemporánea de la de Santa Rosa, es decir, la que está encima de la división Río Coatzacoalcos, porque, entre las pocas especies de esta última localidad, hay tres que se encuentran también en la de Tuxtepec, no obstante de que las dos formas presentan depósitos de profundidad algo diferente. De la fauna de Santa Rosa ya hemos visto que pertenece á una facies litoral; la de Tuxtepec debe haber vivido también cerca de la costa; pero ya en profundidades de 50 á 100 brazas, como se verá por el habitat de las especies que todavía se encuentran en las aguas del Golfo; sólo la *M. cineracea* proviene de mayores profundidades. Podemos, pues, considerar las faunas de Santa Rosa y de Tuxtepec como de la misma edad, y la daremos en lo futuro el nombre de división Tuxtepec.

México, 1º de Agosto de 1904.



«El Cofre.»

EL NAUHCAMPATEPETL[1] Ó COFRE DE PEROTE,

por Ezequiel Ordóñez.

I

SITUACIÓN Y ASPECTO TOPOGRÁFICO.

A los 19° 28′ 58″ de latitud Norte y 2° 00′ 50″ de longitud oriental de México, está situada la montaña del Cofre de Perote, menos notable por su altura, como dice Humboldt, que por la forma bizarra de un pequeño acanti-

1. Muchos viajeros y geólogos hablan del Cofre de Perote, pero pocos dicen algo más de lo que Humboldt escribió como resultado de su ascensión verificada el 7 de Febrero de 1804. Humboldt habla de esta montaña en conexión con su teoría de los cráteres de levantamiento que fué muy discutida desde un principio y abandonada por no haberla sancionado los hechos de observación. Determinó la posición geográfica y la altura de la cima; habla de las erupciones laterales que dieron nacimiento al malpaís de la región oriental; y compara la forma de las crestas de la cima á la del Pichincha en el Ecuador. Notas diversas sobre el Cofre de Perote se encuentran en el Ensayo político sobre la Nueva España, Tomo 2.—Cosmos, Tomo IV.—Sites des Cordillères, etc.—Citan el Cofre de Perote, entre otros autores, los siguientes: M. Ribera Cambas: «Historia Antigua y Moderna de Jalapa, etc.» 1869.—Félix y Lenk: Beitrage zur Geol. Palaeont. d. Rep. Mexiko, 1898.—Poulet Serope: Volcanoes.—I. C. Russell: Volcanoes of N. America, 1899.—C. Pieschel: Die Vulkane del Republik Mexiko, 1856. Este autor considera ya que el paredón acantilado al pie oriental de la cresta del cofre, marca el sitio de un cráter destruido.—Die Vulkane von Mexiko, 1885.—No hemos podido, desgraciadamente, consultar el estudio de H. G. Galeoti: Voyage au Cofre de Perote, Bull. Ac. R. Belgique, III.—1837.—Pieschel habla también de la ascensión al Cofre del belga Majerns en 1848, quien, entre otros trabajos, calculó la la altura, etc., etc.

lado que se encuentra en su cima y de donde deriva su nombre.[1]

Aunque su cima se alarga en la forma de una cresta, la figura general del cerro del lado occidental, es la de un cono irregular muy obtuso, surcado de barrancas no muy profundas y erizado de partes salientes no muy prominentes, de tal modo, que más bien aparece como parte de una de esas sierras monógenas eruptivas que son tan características en el Sur de la Mesa Central, que uno de aquellos volcanes, cuya forma y altura depende de una larga serie de acontecimientos, testigos de una actividad largo tiempo manifiesta.

El primer caso tiene lugar, en efecto, puesto que el Cofre de Perote es el extremo septentrional de una sierra orientada de Norte á Sur, como sus semejantes geogénicamente; muy ramificada en su flanco oriental, deprimida y algo desmembrada al Sur del Cofre y coronada en su extremo meridional por el magnífico cono llamado Citlaltepec ó Pico de Orizaba.

Esta sierra forma parte del límite oriental de la Mesa Central, en poco más de medio grado de latitud, ó sea una longitud de cerca de 70 kilómetros; de esta situación resulta naturalmente un aspecto físico diferente en sus dos flancos. Del lado occidental, es decir, sobre la Mesa, la sierra se levanta bruscamente de una llanura elevada próximamente á 2,400 metros sobre el mar, muy extensa, erizada de montañas volcánicas, de pequeños cráteres y

1. *Cofre* es una traducción muy propia de la palabra mexicana Nauhcampatepetl, compuesta de *Nauhcampa*, que significa de *cuatro lados*, y *tepetl*, que quiere decir *cerro*. El peñasco que corona la cima de la montaña, tiene, en efecto, la forma de una caja ó cofre.

también de restos de una poderosa formación sedimentaria cretácea, que construye cerros bastante elevados. Del lado oriental, las pendientes de la sierra bajan ya abrutas, ya con inclinaciones moderadas, hasta niveles de 1,000 metros sobre el mar, ó bien contrafuertes muy sinuosos van á morir hasta las llanuras de la costa.

Simple en su constitución la sierra en la vertiente de la mesa central, en donde su propio material ha contribuido en mucho á la elevación progresiva de la llanura inmediata, es de estructura más variada en la vertiente opuesta, que teniendo un descenso mucho mayor, permite ver las rocas que constituyen el subasamento, pudiendo apreciar el importante papel que han jugado las fuerzas tectónicas, rivalizando en grandeza con los fenómenos volcánicos. De estos vamos á dar una idea, aunque sea en pocas palabras, principalmente de aquellos que han dado nacimiento al Nauhcampatepetl.

II

DESCRIPCIÓN TOPOGRÁFICA

Cuando se mira el Cofre desde la Mesa Central ó se transita por él en sus flancos del poniente, se advierte que su forma es, como ya dijimos, de las más simples. Sigamos, por ejemplo, el camino muy frecuentado que sale del pueblo de Perote[1] (2,465 m.), situado casi al pie del cerro; re-

1. Perote, pequeña población fundada á principios del siglo XVIII, junto á un antiguo convento establecido allí para dar hospitalidad á los españoles pobres que llegaban en las flotas á Veracruz y hacían camino al interior del país. A

corremos aún una pequeña parte de llanura cubierta de ceniza volcánica hasta llegar á la Hacienda de Ximanco, en donde, á la par que el bosque comienza, el terreno se eleva gradualmente, coincidencia muy clara que se nota en casi toda la base de la sierra.

Una pendiente suave, casi uniforme, se sigue próximamente hasta la mitad de la altura, pero entre la densa vegetación podemos distinguir que ya aquí los accidentes del terreno comienzan á multiplicarse, ya como crestas no muy agudas radiantes, ya como eminencias pequeñas de apariencia cónica, unas y otras constituidas de lava maciza, las cuales descansan parcialmente sobre una planicie estrecha y alargada llamada el llano de los Pozitos (3,000 metros). Este escalón plano le forma á la parte superior del macizo una especie de angosto pedestal, que abierto como una brecha, cenagoso y desprovisto de arboleda, deja casi siempre pasar el viento con demasiada violencia.

Desde aquí, el aspecto del terreno cambia porque las pendientes son muy fuertes, limitadas á veces por muros acantilados, rocallosos, escalonados y que hacen ver ya la verdadera construcción de la montaña, que consiste de grandes bancos de lava muy gruesos, sobrepuestos y de alguna manera alternantes; construcción cada vez más clara á medida que se alcanza el límite de la vegetación arborescente ó en donde, por la fuerte pendiente, la altura y las tem-

mediados del mismo siglo se comenzó la construcción de una fortaleza que aún existe en ruinas y la cual se levantó para guardar armas, municiones y víveres, para socorrer prontamente á Veracruz en caso necesario; además, se pensó guardar allí, como en lugar seguro, los caudales que periódicamente se conducían á Veracruz para ser embarcados á España, etc. Diccionario geográfico, histórico y biográfico. A. García Cubas. México, 1890, pág. 316.

pestades, los árboles se encuentran más diseminados, por ejemplo en el rancho de la Troje, á 3,370 ^{m}. En este lugar se ha practicado una oquedad resguardada por un acantilado para conservar la nieve durante todo el año.

Este rancho está situado en el lugar donde desemboca una pequeña planicie cenagosa, limitada por grandes taludes coluviales, de los cuales se alzan á ambos lados bancos de lava muy gruesos. Estos espacios medio cercados son muy parecidos á los escalones planos y cenagosos limitados por cantiles que en el Ixtaccíhuatl llaman ciénegas y á algunos el sugestivo nombre de *Tecorrales*, nombre con el que convenimos designar estos pequeños anfiteatros resultantes de la disposición alternante de los bancos de lava, y que, como nosotros, P. Grosser ha visto no sólo en el Iztaccíhuatl, sino también en algunos volcanes del Ecuador.[1]

Adviértese que el gran paredón de que acabamos de hablar, llamado «Frentón de las Cuevitas,» formado de varias corrientes de lava sobrepuestas, es el banco que corona la cima del cerro; cuyo banco está inclinado hacia el Frentón; sobre él descansa el peñasco del «Cofre,» y de él parte hacia el Sur, como una aguda cresta, el borde de este banco que cae hacia el Oriente, también como un muro acantilado de más de 200^{m} de descenso vertical. Sobre el borde del banco, prolongado, como hemos dicho, en forma de cresta, sobresale en un extremo majestuosamente «El Cofre,» y del otro un pico que llamaremos de Mitancingo,[2] apenas distantes entre sí como 500^{m} y poco

1 Dr. P. Grosser.—Reisen in der Ecuatorianischen Anden. Sitzungsberichten der Niedercheinischen Gess. f Natur. u. Heilkunde. Bonn. 1904.

2 Damos este nombre al pico, por llamarse así la barranca que nace en el fondo de la oquedad del Potrero de las Víboras.

más ó menos á la misma altura. Mientras que al Sur del Pico de Mitancingo, la arista, siempre aguda, se prolonga más y más baja y sinuosa, al pie Norte del peñasco del «Cofre» se abre otro grande precipicio de más de cien metros seguido de un talud de escombros, más allá del cual contrafuertes radiantes, crestas y partes salientes sugieren una forma topográfica semejante á la que hemos visto en el flanco occidental de la montaña, accidentes que van á morir hasta los pueblos de Cruz Blanca y de Las Vigas, ó más bien hasta los bordes de los enormes anfiteatros de «Tatatila» y de «Las Minas.» [1]

Importante, desde el punto de vista genético, como veremos después, es la profunda cavidad que se abre al Oriente entre el Cofre y el Pico de Mitancingo, en cuyo fondo la playa que forman los escombros la llaman el «Potrero de las Víboras.» El contorno de esta grande cavidad tiene la forma de un arco de círculo, y aunque las paredes son en parte acantiladas, los taludes del fondo le dan el aspecto de un medio cono invertido, en cuyo vértice nace la barranca profunda de Mitancingo, cuyas aguas van á regar los fértiles campos de Xico y de las Puentes. [2]

La cresta se prolonga curva al pie del Cofre por un espinazo bajo, terminado por un pico que se muestra en el grabado adjunto, mientras que desprendida del Pico de Mitancingo baja la arista que lleva la «peña Tajada.»

1. Véase nuestra descripción de estas barrancas en otro lugar de este Boletín.

2. Desde Xico, de Coatepec ó de Jalapa, se tiene una vista admirable del Cofre por verse claramente, en día sereno, las paredes abruptas que parten de la cima y los efectos de la erosión. El peñasco del Cofre se proyecta aquí como un pequeño pico agudo.

Del lado del Suroeste, el gran banco de lavas que parte del Pico de Mitancingo, se bifurca, y forma otro pequeño tecorral, cuyo fondo está ocupado por un charco de agua de 100 metros de diámetro, que llaman la «laguna de Tilapa,» abajo del cual nace la barranca del Tigre, que desemboca en los Llanos, en las cercanías de Tenextepec. La laguna está dominada por un banco de lavas llamado «Loma Redonda.»

No llegando la cima del Nauhcampatepetl á la región de las nieves perpetuas y sí sobrepasa el límite de la vegetación arborescente que en el lado occidental está á 3,850 metros, desde el límite de esta vegetación hasta la cima, la montaña aparece como un campo desnudo, con ese característico aspecto de imponente soledad de las grandes alturas. Del medio de playas pequeñas cubiertas de roca finamente triturada por las nieves invernales y los cambios bruscos de temperatura diurnos y barridas tales playas por los vientos siempre fuertes que allí soplan, sobresalen los penachos enanos de gramíneas que allí crecen ó aparecen como columnas destruidas, los peñascos de rocas divididas en delgadas lajas sobrepuestas, mal colocadas y ennegrecidas por películas de óxidos metálicos ó por costras de líquenes secos. El colorido general de la cima del Nauhcampatepetl, en los meses del invierno, es el gris poco agradable á la vista acostumbrada á ese tono rojizo tibio de muchos de nuestros grandes volcanes, color que sólo encontramos en las paredes donde ha habido frescos derrumbes. En fin, la impresión que se tiene es la de una montaña en ruinas.

Desde el Pico de Mitancingo se destaca admirable-

mente, en toda su longitud, la gran peña cuadrada ó Cofre. Este es un trozo de banco de lava, con la forma de un prisma rectangular aplastado, orientado próximamente en la dirección de este á oeste, quizá un poco cargado hacia el E. S. E. rodeado al sur por sus propios derrumbes y descansando por intermedio de un delgado lecho de aglomerados, sobre el plano inclinado que forman los otros bancos de lavas más extensos. «El Cofre» está, pues, ligeramente inclinado al oeste, como todos los bancos de lavas; más alto al oriente que al poniente; su cara oriental muy angosta llega hasta el borde de la gran cavidad semicircular del potrero de las Víboras, de donde se desprenden casi constantemente piedras que caen al fondo del precipicio. La roca del Cofre, además de tener el partimiento en el sentido del movimiento de la lava, muestra un partimiento vertical, que le da en partes un aspecto semicolumnar.

La mayor longitud del Cofre puede estimarse en 300 metros; su altura individual al oriente es sólo de 25 metros, mientras que al poniente llega á 40 metros.

La parte superior del peñasco es muy angosta, casi una cresta, cubierta de lajas y piedras sueltas.

Humboldt consideró esta peña inaccesible, no conoció, probablemente, ó no existía tan marcada una abra en la pared meridional, por donde se puede ascender sin gran dificultad, apoyándose en las paredes de superficie muy áspera, y aprovechándose de piedras atoradas que la rellenan en parte.

El espectáculo que se tiene desde esta altura sobre las comarcas adyacentes es muy interesante, pues que cierran



El Cofre y cresta de Mitancingo.

el horizonte hacia el oeste y suroeste, sierras lejanas coronadas por las grandes cimas del Popocatépetl, el Iztaccíhuatl y otros gigantes como la Malintzi; al oriente, la vista se extiende hasta el Golfo de México, cuyas aguas bañan aquí las costas veracruzanas; más acá se advierte con bordes dentellados la mesa de Chavarrillo, cortada por cañones profundos, por donde corren los ríos; y por último, á nuestros pies, los accidentes aparentemente atenuados del relieve del brusco descenso de la montaña. Hacia los llanos de Perote, el doble cono de Pizarro se dibuja claramente, rodeado del malpaís como una mancha negra. Sobre la cresta de la Sierra, al sur, aparece muy alto y lleno de luz el cono blanquísimo del Pico de Orizaba!. . . .

Ponemos á continuación algunas alturas barométricas.

Pueblo de Perote........................	2,465 m.	Com. Geog. Expl.
Hacienda de Ximanco....................	2,560	
Llano de Pozitos........................	3,000	
Rancho de la Troje y Tecorral de las Cuevitas................................	3,780	
Límite de la vegetación arborescente, lado Poniente........................	3,850	
Base del peñasco del Cofre en el borde de la cresta general....................	4,235	
Cima del Cofre de Perote................	4,282	Com. Geog. Expl.
Cima del Cofre de Perote................	4,260	
Pico de Mitancingo......................	4,250	

III

CONSTITUCIÓN GEOLÓGICA

A la sencillez topográfica de la montaña en su flanco occidental, responde su naturaleza geológica, siendo, como

otros muchos de nuestros macizos volcánicos, una construcción homogénea y el resultado de una sobreposición de numerosas corrientes de lava que se han sucedido con tal rapidez, que no sería posible establecer ninguna distinción cronológica entre ellas. Tal parece que pertenecen á un solo período de erupción de un gran foco volcánico, y que durante la erupción no cambiaron perceptiblemente las condiciones físicas, como tampoco cambió la naturaleza intrínseca de los productos.

La montaña está cubierta hasta casi la mitad de su altura por un manto no muy grueso de toba pomosa amarillenta, fina y arcillosa, igual á la que cubre las laderas de las sierras de toda nuestra región volcánica central; si en muchos lugares podemos atribuir estas tobas á erupciones explosivas de las mismas montañas que cubren, en el Nauhcampatepetl este material fragmentario no procede de este volcán; más bien parece que son acumulaciones de polvo fino arrojado por alguno ó algunos de los pequeños volcanes inmediatos y que, transportado por el viento, ha venido á caer aquí cubriendo las pendientes, de donde ha sido removido después por las aguas al mismo tiempo que ha cambiado un poco su naturaleza primitiva. Puede haber habido, sí, al final de las erupciones, eyección de algunos productos fragmentarios, pero no serie prolongada de erupciones explosivas, como es el caso general para algunos grandes volcanes mexicanos que clausuran su actividad con esta clase de erupciones.

El Nauhcampatepetl es un volcán relativamente viejo, cuya actividad se concretó á la eyección de masas enormes de lavas que se acumulan, primero, en forma de doma de

muy grande radio y muy tendido, después, á causa de menor fluidez de la lava, crece más en altura que en superficie y acaban por construir el gran cono.

En otro lugar de este Boletín, hemos dado ya una idea de cómo se encuentran sobrepuestas estas corrientes de lava en la base de la montaña. La misma disposición podemos encontrar hasta la cima, es decir, corrientes de lava maciza inclinadas como la pendiente del cerro, y separadas por lechos de aglomerados, ó por rocas brechiformes, indicando que la corriente superior caliente producía una refusión en la corriente inferior ya fría; otras veces las corrientes aparecen soldadas, y entonces forman gruesos bancos, como las vemos cerca de la cima en los grandes frentones de que ya hemos hablado.

En el frentón de las Cuevitas hay partes donde se ven enteramente soldadas las corrientes, y partes donde se descubren hasta tres corrientes sobrepuestas, en tanto que en el muro que baja hasta el potrero de la Víboras, el número de corrientes que podemos seguir es mucho mayor. Como se ve, la estructura de la montaña es absolutamente igual desde la base hasta la cima: grandes corrientes abajo poco extensas arriba, pero en nada parece cambiar la faz de la erupción. Pero la forma sencilla que resultaba de esta acumulación tan rápida y regular de lavas, se modifica un poco por la eyección de masas semifundidas que salían por pequeñas aberturas laterales en los flancos del gran cono, pues así nos explicamos la existencia de esas eminencias, algunas en forma de pequeños domas que se encuentran cerca del llano de Pozitos y en otros puntos á media altura de este volcán.

Lo que más preocupa cuando se llega á la cima del Nauhcampatepetl, es conocer el lugar de salida de tan enorme cantidad de lavas, pues verdaderamente una cavidad cratérica completa no existe, y en esto, como en la manera como se presentan las lavas, nuestro volcán tienen una grande semejanza con el Iztaccíhuatl. Hemos dicho que los gruesos bancos de lavas de la cima del Perote, tienen una débil inclinación hacia el poniente, es decir, inclinados contra el grande precipicio coronado por el «Cofre» y el «Pico de Mitancingo.» Observando con cuidado las crestas rocallosas que de estos peñascos descienden, encerrando la cavidad abierta hacia la barranca de Mitancingo, se ve que los bancos de lavas muy destruidos por la erosión, tienen una inclinación contraria. Hay, pues, indicios de haber sido ésta cavidad semicircular el lugar de salida de las lavas, aunque á decir verdad, tal boca de expulsión de material fundido nos parece muy estrecha. Queda por probar qué causa determinó la destrucción de la pared oriental del orificio cuando, en la dirección de la barranca de Mitancingo, no existe ninguna corriente de lava, cuyo escurrimiento hubiese acarreado parte de esta pared, como ha sucedido en muchas calderas. La masa de escombros que rellena en parte el potrero de las Víboras, no es suficiente para suponer que tal pared ha sido solamente destruida por erosión, aunque las acciones atmosféricas son allí muy enérgicas. Los cambios de temperatura son muy bruscos, las lluvias y los vientos muy frecuentes, y aquí vienen con frecuencia á estallar las tempestades que se originan en el Golfo de México, y toman nacimiento como en toda la ceja continental de la Sierra Madre oriental, las ondas frías que invaden la Mesa Central.



Corrientes inclinadas de lava del Nauhcampatepetl.

Tenemos, pues, que recurrir á los efectos mismos de la erupción, para explicarnos la desaparición de parte del extremo del canal de eyección de las lavas. Quizá con un pequeño número de erupciones, ó una sola erupción explosiva, como hemos supuesto, terminó la actividad de este volcán por su abertura central, cuya explosión causó la pérdida del canal en su pared más delgada. A la erosión quedó el completar el trabajo de destrucción que se prosigue hoy con grande intensidad, como se puede comprobar por los grandes taludes de derrumbes y por las masas de rocas que á nuestros ojos se desprenden de las paredes acantiladas, causados por la pérdida de los lechos de aglomerados en que descansan. De esta manera, el Pico de Mitancingo perderá en pocos días una decena de metros de altura, y la cara oriental del «Cofre» se ve tan minada en su base, y son tan frecuentes los derrumbes, que poco á poco se va reduciendo su volumen; quizá en pocos siglos el Cofre habrá dejado de existir.

El gran muro arqueado que parte de estas cimas, y que hemos supuesto pertenece á la boca de la chimenea, es indudablemente una pared antigua donde pueden verse las rocas alteradas en muchos lugares por los gases y productos de las fumarolas.

En resumen; el Cofre de Perote es un volcán construido en un solo período de erupciones, y dependiente de un foco volcánico importante. Después de un largo período de reposo, la actividad volcánica se manifiesta de nuevo, no ya por el antiguo canal, quizá obstruido para siempre, sino por numerosos puntos de su flanco oriental, y no bajo la forma de erupciones explosivas, sino de eyección re-

lativamente tranquila de lavas de composición más básica, como si se tratara de un residuo de magna almacenado en un foco volcánico.

El malpaís basáltico se extiende en una ancha faja entre Tlacolulan, Jalapa, Coatepec, Xico, etc. Del campo inmenso de lavas surgen numerosos conos bien formados, la mayor parte construidos con escorias y tienen cráteres pequeños; tales conos de fragmentos, marcan el fin de la emisión de lavas. Para no citar aquí más que aquellos conos que cualquiera puede ver sobre la línea del Ferrocarril Interoceánico, citaremos el Volcancillo, inmediato á las Vigas y el cono de San Miguel, el Macuiltepec que domina á la ciudad de Jalapa; el de Coatepec, á cuyo pie está el pueblo de ese nombre, dos gemelos inmediatos á Pacho, el precioso volcán de Xico, etc., etc. El malpaís comienza más ó menos á la altura de 2,400 metros, y desciende más allá de 1,200 metros. Hacia las costas se encuentran también los basaltos, como restos de corrientes.

Hemos indicado ya muchas veces, la importancia que tienen en México las erupciones de rocas básicas en los flancos de altos volcanes andesíticos, formando los clásicos malpaís, los que se encuentran también con frecuencia en otras grandes regiones volcánicas de Norte América, donde vemos retratado á veces el tipo de nuestros grandes volcanes, y de nuestras sierras homogéneas y monogenéticas, como nos hemos convencido al seguir las breves descripciones de volcanes de Arizona, de Washington y de Oregón.

En un trabajo anterior[1] hemos hablado de las rocas que

1 Las barrancas de Tatatila y de Las Minas.

soportan toda la estructura del Nauhcampatepetl, y que aquí ilustramos con un perfil. Las rocas cretáceas están en la base de toda la construcción, sobre ellas descansa un grueso manto de material cinerítico y de rocas rhyolíticas que se extendían en forma de mesa, cuyos restos encontramos todavía. Sobre las rocas cretáceas en contacto con un gran stock de rocas intrusivas (Monzonitas, granitos, etc.), apoyan las lavas del Perote al norte del volcan, como se ve fácilmente en las grandes escarpaduras que allí limitan á la Mesa Central.

Para comprender bien la génesis de nuestros grandes volcanes, es preciso estudiar ampliamente la estructura y forma de las sierras de naturaleza eruptiva, con las que la mayoría de nuestros volcanes están íntimamente ligados, y formando parte de su historia geológica. Entonces podremos conocer algo sobre la composición de los magmas, y los cambios que han sufrido por vía de diferenciación; la semejanza de nuestras provincias petrográficas, y la ley que preside á la evolución de los macizos volcánicos, pues que se podrá probar que los volcanes, cuya actividad ha tocado á los nuestros contemplar, ó que han muerto en época reciente, son el resultado, á despecho de su grandeza y altura, de la localización y subdivisión que ha sufrido por consumo de material y energía, un gran receptáculo interior de magma, que ve la luz desde el principio del Mioceno.

Damos aquí como prueba inmediata lo que hemos podido ya ver en esas sierras; formadas en gran parte de un solo material eruptivo y sin cambios bruscos de composición. Las sierras homogéneas no tienen la estructura que

recuerde una formación ó un crecimiento por acumulación sucesiva de lava, sino formadas de una sola vez; después, en los flancos ó en los extremos de estos macizos alargados como si se hubiesen formado á lo largo de grietas, vemos los volcanes monógenos compuestos de cubiertas sucesivas de lavas, volcanes de actividad bruscamente detenida, á cuyo tipo referimos el Cofre; y por último, los grandes conos construidos también de capas de lava, pero en los que la actividad muy atenuada se ha manifestado largo tiempo con intermitencias y con un número grande de erupciones explosivas, durante las cuales se han cubierto los viejos campos de lavas, y los extensos lagos de los valles inmediatos, de gruesas capas de polvo volcánico y de pomez.

Los volcanes del tipo intermediario muestran cimas en forma de crestas, y para no recordar más que dos, citaremos el Nauhcampatepetl y el Ixtaccíhuatl, inmediatos cada uno á dos conos magníficos del tercer tipo, el Popocatépetl y el Pico de Orizaba.

En figuras que hemos dado otra vez de nuestros principales volcanes,[1] hemos hecho resaltar sus diferencias de forma. Volcanes con calderas completas de grandes dimensiones no son frecuentes en México; volcanes con pirámide ó un doma terminal hemos citado al Ajusco, y aquí podremos agregar, aunque con reserva, el Pico de los Encinos, la cima más alta de la Sierra de Guadalupe; tenemos en actividad un volcán que se podía referir al tipo Somma-Vesubio (el volcán de fuego de Colima). La condición genética y la forma de nuestros grandes conos como el Popo-

1 El Xinantecatl ó Nevado de Toluca. Mem. Soc. Alzate, T. XVIII. 1902.



Cavidad embudiforme del Nauhcampatepetl.

catépetl y Pico de Orizaba, son muy semejante á las del Cotopaxi en el Ecuador, y á las de otros muchos volcanes de la América del Sur.

IV

LAS ROCAS

Las rocas del Cofre de Perote tienen una composición mineralógica y una estructura muy constantes. En el terreno tienen, como hemos dicho, un partimiento irregular, prismático, en columnas imperfectas y muy frecuentemente en lajas, especialmente en las corrientes, más jóvenes. Son todas las lavas de un color gris claro ú obscuro, que cambia con facilidad al gris rojizo ó rojo cuando los minerales constituyentes, especialmente los ferromagnésicos, comienzan á alterarse. Tienen una estructura porfírica muy marcada, porque abundan en la masa de la roca individuos feldespáticos hasta de un centímetro de longitud y barritas negras de augita que se ven fácilmente en la pasta gris de la roca. Al microscopio, la materia vítrea límpida, turbia ó de color pardo, es muy variable á causa de diferentes estados de desvitrificación, la que tiene lugar en la forma de finas globulitas incoloras y más generalmente de microlitas anchas, ó como agujas, de oligoclasa, á veces orientadas y aglomeradas siguiendo líneas de escurrimiento. Al feldespato microlítico acompaña frecuentemente, aunque en más variable cantidad, la augita en

granos ó pequeños cristales con un ligero tinte amarillento, y por último, granitos de fierro negro.

En cuanto á los fenocristales, ocupan en primer lugar, por su abundancia, los de feldespato labrador y andesina, con sus macles sucesivos, y no raras veces con zonas de crecimiento. Después viene la hiperstena en cristales alargados prismáticos, con pleocroismo intenso y numerosas inclusiones; y por último, la augita como un elemento accidental, en cristales frecuentemente macleados.

Estas lavas, típicamente *andesitas de hiperstena,* unas veces llevan bastante augita en microlitas para poderse llamar augíticas, y otras veces bastante augita en cristales primarios para poderse designar como andesitas de hiperstena y augita.



LOS CRIADEROS ARGENTÍFEROS

de "Providencia" y "San Juan de la Chica," San Felipe (Estado de Guanajuato),

por Teodoro Flores.

Los criaderos argentíferos que son objeto de esta ligera descripción, están situados en la falda oriental de la Sierra de San Felipe (Estado de Guanajuato), sierra que se inicia en el valle conocido con el nombre de «Llanos de San Felipe,» y que, siguiendo una dirección general de Nordeste á Suroeste, va á unirse hacia el Sur, gradualmente y en ligero descenso, con la Sierra de Guanajuato, hasta alcanzar algunas de sus principales eminencias, tales como la «Mesa de Caballos,» «Cerro de Calzones,» «Cerro del Gigante,» etc.

La explotación de estos criaderos ha dado origen al Mineral de «Providencia,» que cuenta actualmente más de ochocientos habitantes y está situado á dos mil ciento cincuenta metros sobre el nivel del mar, en un lomerío poco elevado. Dista próximamente quince kilómetros de San Felipe ó Ciudad González, Cabecera del Distrito, y unos veinte de la Estación del mismo nombre del Ferrocarril Nacional de México. Se llega á él por un buen camino carretero y causa la impresión de un mineral en vía de desarrollo,

lo que es casi en realidad; pues su creación data del año de mil ochocientos noventa y cinco, es decir, de hace apenas nueve años; su clima es benigno, muy semejante al de la Ciudad de Guanajuato.

Sus elementos de vida, aunque no abundantes, son suficientes; la población se surte de agua de dos veneros ó manantiales no muy lejanos, que aunque en la estación de secas disminuyen considerablemente, no llegan á agotarse; la leña y madera se consiguen con facilidad, especialmente la primera. La plaza principal de la que se surten las negociaciones de este Mineral, es la de San Luis Potosí, á dos horas por el Ferrocarril Nacional de México, y raras veces de la de Guanajuato, que dista cerca de cien kilómetros por un mal y accidentado camino.

La mina de «Providencia,» que da el nombre al Mineral, fué descubierta en mil ochocientos ochenta y nueve y trabajada en muy pequeña escala hasta el año de mil ochocientos noventa y cinco. A pesar de esto y de las continuas interrupciones que sufrieron los trabajos, durante este intervalo de seis años, los productos de esta mina fueron de importancia. A principios del año de mil ochocientos noventa y seis se hicieron trabajos sistemados de explotación y algunos otros de exploración, y á fines de mil novecientos la mina entró en un período bonancible, que permitió desarrollar los trabajos en cierta extensión, con los que se alcanzó una profundidad de más de trescientos metros, que es á la que han llegado actualmente sus planes más profundos.

En la Sierra de «San Felipe» y al Oeste de «Providencia,» se ven dos formaciones geológicas distintas: una sedimen-

taria, tal vez mesocretácica,[1] y otra eruptiva terciaria. La primera está representada por pizarras calizas más ó menos plegadas, y la segunda por rhyolitas que afectan á veces una textura fluidal muy marcada y que ocupan casi exclusivamente las elevaciones de la mencionada sierra. Á la profundidad y aflorando en la superficie en alguna extensión, en contacto con las pizarras, se encuentra la diabasa que se presenta con frecuencia con una textura completamente afanítica.

El esfuerzo horizontal que produjo el plegamiento de las pizarras calizas, debió formar el sistema de fracturas (de cuyo llenamiento hablaré después), que constituyen los criaderos argentíferos, objeto del presente escrito.

Dicho sistema está formado por fracturas que tienen una dirección de cuarenta y cinco grados Nordeste, con una inclinación al Sur-Oeste de cuarenta y cinco grados, que cortan á otras que corren de Norte á Sur con inclinación al poniente.

El llenamiento está formado por las rocas encajonantes, sin alteración ó por productos de alteración química ó mecánica de estas rocas, y se encuentra atravesado por vetillas mineralizadas, cuya potencia, en general muy angosta, varía de uno á diez centímetros. Los respaldos se presentan con frecuencia confusos, y entonces se dificulta

1 Hasta ahora se han considerado las pizarras calizas de Guanajuato como del Cretáceo Medio; pero los recientes estudios de los Dres. C. Burckhardt y S. Scalia, hechos en los fósiles que encontraron en las pizarras calizas de Zacatecas, cuya semejanza con las de Guanajuato es notable, han demostrado que pertenecen al Triásico Superior; por lo tanto, las consideraré provisionalmente como Meso-cretácicas, hasta que nuevas investigaciones permitan establecer la verdadera edad de estas capas.

establecer una separación precisa entre ellos y el llenamiento: el respaldo del alto está formado por diabasa y el del bajo por pizarras calizas (algunas bituminosas), cuyos fragmentos se encuentran cementados en el relleno por cuarzo ó calcita, que son las matrices dominantes y que están acompañadas á veces por yeso, talco ó esteatita (jaboncillos).

Los minerales dominantes son: La pirargirita (rosicler), la polibasita (petanque) y la pirita y chalco-pirita (bronces); suele presentarse también, en pequeña proporción, la argentita.

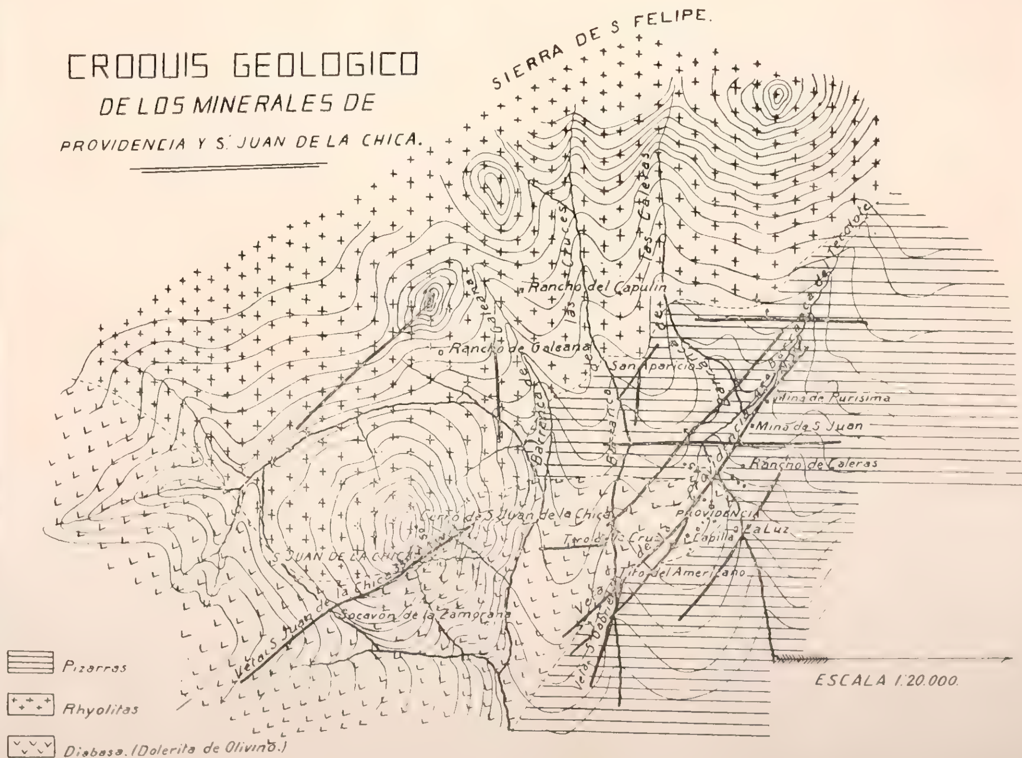
La ley media en plata de los minerales es de un kilogramo quinientos gramos por tonelada, y contienen un gramo de oro, en promedio.

La zona de oxidación parece muy superficial y los sulfuros comenzaron á aparecer desde los cuarenta metros de profundidad; las primeras aguas se presentaron á ese nivel próximamente y no han aumentado, hasta ahora, de una manera notable con la profundización.

«San Juan de la Chica» está á unos dos kilómetros al sur de «Providencia» y á dos mil ciento setenta metros sobre el nivel del mar. Sin embargo de ser este Mineral mucho más antiguc que el de «Providencia» (pues ya Humboldt habla de él en su «Ensayo político sobre Nueva España»), no ha alcanzado gran desarrollo.

La mina tiene la mayor parte de su laborío inundado, y en su porción accesible se ve una veta con treinta y tres grados Nordeste, de rumbo, y de cincuenta á cincuenta y cinco grados de echado al Sur-Oeste, con una potencia variable entre dos metros y tres metros y medio. El llena-




CROQUIS GEOLOGICO
DE LOS MINERALES DE
PROVIDENCIA Y S. JUAN DE LA CHICA.
SIERRA DE S. FELIPE.
Rancho del Capulin
Rancho de Galeana
San Aparicio
Mina de Purisima
Mina de S. Juan
Rancho de Caleras
Cerro de S. Juan de la Chica
PROVIDENCIA
La Luz
Capilla
S. JUAN DE LA CHICA
Tito del Americano
Socavon de la Zamorana
Veta S. Juan de la Chica
Veta S. Gabriel
ESCALA 1:20.000.
Pizarras
Rhyolitas
Diabasa. (Dolerita de Olivino.)

miento está formado por cuarzo compacto ó careado con óxidos de fierro con pintas de oro. Hasta la profundidad que se ha alcanzado (próximamente cien metros) se presentan solamente óxidos.

El agua se encontró á poca profundidad, es más abundante que en «Providencia,» y ha aumentado con la profundización.

En la pequeña colección de rocas y minerales que cedí al Instituto Geológico Nacional, pueden verse algunas rhyolitas, que provienen de las cercanías de este Mineral, teñidas por cinabrio, y además, ejemplares de las formaciones á que me he referido antes y de los principales minerales de estos interesantes criaderos argentíferos.

México, Septiembre de 1904.



DISTRIBUCIÓN

de la riqueza

EN LOS CRIADEROS METALÍFEROS PRIMARIOS EPIGENÉTICOS,

por Juan D. Villarello.

La evolución de las ideas relativas á la génesis de los criaderos minerales, el desarrollo progresivo de los conocimientos en materia tan importante, nos estimula á estudiar, con mejores datos y teorías nuevas, problemas que adunan al interés científico la utilidad industrial. Entre estas cuestiones, que mucho importan á la industria minera, se encuentra, sin duda, la que motiva el siguiente estudio; es decir, la distribución de la riqueza en los criaderos metalíferos.

No me propongo indicar aquí las diversas teorías, hoy aceptadas en el mundo científico para explicar la formación de los criaderos minerales; no pretendo tampoco discutir las distintas clasificaciones[1] de estos depósitos; pero, no siendo partidario de las generalizaciones absolutas en cuestiones de geología aplicada, debo indicar, ante todo, los límites de

1 Véase George F. Becker.—Monographs of the U. S. Geol. Survey, XIII, 1888, pág. 387.

mi estudio, y decir que: en estos ligeros apuntes me referiré solamente á los criaderos metalíferos, muy numerosos sin duda, que no resultan de la destrucción de otros preexistentes, pero que son posteriores á la roca en que *arman*, y han sido formados por la circulación de aguas termominerales; es decir, me ocuparé únicamente de los criaderos metalíferos primarios epigenéticos, y cuya génesis esté de acuerdo con la teoría terma[1].

Indicados ya los límites de mi estudio, procuraré encaminar éste hacia las siguientes conclusiones. La concentración de la riqueza relativa en los criaderos metalíferos epigenéticos, depende principalmente del carácter físico[1] de la roca de los «respaldos,» y no de la composición química ó mineralógica de esta última. Las diaclasas transversales á la dirección de los criaderos conducen á las zonas de riqueza relativa, las cuales se encuentran generalmente en el cruzamiento de los criaderos con las diaclasas referidas; y por lo mismo, el estudio detenido de las fracturas transversales, algunas casi imperceptibles,[2] permitirá dirigir con economía la exploración de los criaderos metalíferos epigenéticos.[3]

---

1 Véase Walter Harvey Weed. «The Enrichment of Gold and Silver Veins.» Trans. Amer. Inst. Min. Eng. Tomo XXX, 1901, págs. 439-440. E. Fuchs y L. de Launay. «Traité des Gîtes Minéraux et Métallifères.» Paris, 1893. Tomo II, pág. 575.

2 Estas son conocidas en términos mineros con los nombres de «relices» y «puertas.»

3 Véase C. R. Van Hise. «Some Principles controlling the deposition of Ores.» Trans. Am. Inst. Min. Eng. Tomo XXX, 1901, pág. 169.

Muy rara vez se encuentran los minerales uniformemente repartidos en el relleno de un criadero, y casi siempre la mineralización útil se concentra en determinados lugares, formando zonas de enriquecimiento ó «bonanzas,» las cuales están separadas entre sí por tramos pobres ó estériles más ó menos largos. Esta distribución de la riqueza se atribuyó desde época muy remota, hace ya muchos siglos, á la influencia que ejerce la roca de los respaldos sobre el relleno mineral; y, por lo tanto, se distinguieron las rocas consideradas desde este punto de vista, en favorables las unas y desfavorables las otras. Conviene estudiar ahora de qué depende esa influencia de la roca de los «respaldos.»

La formación de un criadero epigenético, hasta quedar constituido, como lo observamos ahora, puede dividirse generalmente en tres períodos: la abertura de la cavidad por la cual circularon las aguas termominerales; el relleno de esta cavidad con el depósito formado por las aguas mineralizadas ascendentes, según la teoría termal; y, por último, la transformación posterior de este relleno por las aguas superficiales, en la zona comprendida desde el afloramiento del criadero hasta las cercanías del nivel hidrostático actual de la región. A los períodos anteriores debe agregarse otro para la mayor parte de los criaderos, que se repite varias veces en muchos de ellos, y es: la reabertura de la cavidad y la formación consecutiva de nuevos rellenos. Estudiaré ligeramente cada uno de estos períodos, para ver cuál es la influencia que ejerce la roca de los respaldos sobre la concentración de los minerales industrialmente útiles.

*
* *

No creo necesario, para el objeto que me propongo, desarrollar y discutir teorías que explican las deformaciones mecánicas ó dislocaciones que sufren las rocas posteriormente á su enfriamiento, ó á su depósito y consolidación; y me bastará decir que: las fracturas más interesantes son las producidas por acciones tectónicas generales, y principalmente por esfuerzos de presión, cuya resultante tiene por rumbo aproximado el mismo que la bisectriz de los grupos ó sistemas de fracturas producidos por las referidas fuerzas. Estas fracturas, llamadas exokinéticas y de presión, al cruzarse en ángulos variables, forman redes ó mallas, en las cuales se observa un reducido número de direcciones dominantes, y constituyen así los llamados campos de fracturas.

La formación de una fractura no depende solamente de las fuerzas que la originan, sino también de la mayor ó menor fragilidad ó plasticidad de las rocas. La fragilidad es directamente proporcional á la incoherencia de la roca y también al espesor del estrato, y la flexibilidad está, por el contrario, en razón inversa del grueso de las capas y de la rigidez de estas últimas; y por esto es que, en las rocas de cohesión media se forman fracturas bien desarrolladas; en las rocas duras las fracturas son angostas ó se ramalean, y las capas flexibles tienden más bien al plegamiento que á fracturarse por el empuje de una fuerza de presión.

Las fracturas exokinéticas pueden ser cerradas ó abier-

tas, es decir, pueden quedar reducidas á un simple plano de separación de la roca, sin que sus respaldos estén alejados, ó pueden separarse éstos dejando entre sí cierta cavidad, la cual puede constituir la «caja» de un criadero. Para que esta cavidad permanezca abierta y puedan circular por ella las aguas mineralizantes, que con sus depósitos la rellenen, es preciso que la roca sea relativamente dura, pues de lo contrario, al derrumbarse los «respaldos,» la cavidad se cierra, y se obstruye á veces, casi por completo, el camino que debe servir para la circulación de las aguas termominerales.

Se comprende por lo anterior que: la formación de las fracturas ó cavidades, y la conservación de éstas, dependen del carácter físico de las rocas. Cuando son éstas muy duras ó elásticas, se fracturan con dificultad, y por lo general las hendiduras se ramalean; en cambio, si es poca la cohesión de la roca, su fracturamiento es relativamente fácil, pero las aberturas se rellenan con los derrumbes de los respaldos, y por lo tanto, las cavidades abiertas en rocas de dureza media son las más apropiadas para servir de «caja» á los criaderos minerales.

El carácter físico de las rocas, su fragilidad ó plasticidad, varía no sólo en las diferentes especies de éstas, sino también en una misma roca; y esto ocasiona cambios no sólo en la potencia y dirección de las fracturas, sino también en su forma, cuando estas hendiduras pasan de una á otra especie de roca, ó en la misma roca al cruzar por tramos de diferente cohesión.

Multitud de hechos confirman las conclusiones anteriores, y entre ellos citaré los siguientes. En Freiberg, la

cohesión del gneiss permite la formación de hendiduras perfectamente definidas,[1] fracturas que no se desarrollan bien en la mica-pizarra de la región, y que se ramalean al penetrar en el pórfido cuarzífero, por ser éste muy duro.[2] En Cumberland, las fracturas son poderosas y explotables en la caliza, y se ramalean en la arenisca y la pizarra.[3] La afamada Veta Madre de Guanajuato (México) se interrumpe, al tropezar con las rocas eruptivas muy duras del cerro Chichíndaro. En Nagyag (Hungría), las fracturas son poco poderosas en la traquita anfibólica dura; son poderosas y ricas en la traquita semidura, y se ramalean en la traquita poco dura.[4] Por último, las fracturas abiertas en el granito de Wittichen (Forêt Noire) desaparecen al llegar á las partes duras de la misma roca.[5]

Como dije antes, por las acciones tectónicas generales se producen sistemas de fracturas, y en los cruzamientos de éstas aumenta generalmente la amplitud de la cavidad. La frecuencia de estas intersecciones, así como el mayor ensanchamiento de las fracturas en estos lugares depende, por las razones ya indicadas, del carácter físico de las rocas, y como la mayor amplitud relativa de las cavidades permite, sin duda, mayor depósito mineral, los cruzamientos mencionados pueden influir en la distribución relativa de la riqueza, por lo menos cuantitativamente hablando.

1 H. Müler. Erzlagerstäten bei Freiberg Cotta's ganstudien, t. I., 1850, págs. 209-248.

2 Dr. Richard Beck. Traité des Gisements métallifères. Paris 1904, p. 147.

3 Dufrenoy. E. de Beaumont et Perdonnet. Voyage métallurgique en Angleterre. París, 1837 y 1839.

4 Alb. Von Groddeck. Traité des Gîtés métalliféres. París, 1884, pág. 222. Véase también Walter Harvey Weed. Influence of Country Rock on mineral Veins. Trans. Am. Inst. Min. Eng. Tomo XXXI, pág. 635.

5 A. Von Groddeck. L. c., pág. 238.

Como se ve por lo anterior, en el primer período de formación de un criadero epigenético, no interviene la composición química ó mineralógica de la roca de los «respaldos,» pero con el carácter físico de ésta varía la forma [1] y potencia de la cavidad que ha de servir de «caja» al criadero, cavidad que se encontrará en mejores condiciones para la concentración de la riqueza mineral cuantitativa, cuando esté abierta en rocas de dureza media; y también, cuando sea la intersección de dos ó varias fracturas.

*
* *

Abierta ya la cavidad, puede comenzar el segundo período de formación de un criadero metalífero epigenético, período que paso á estudiar.

Las soluciones termominerales ascendentes circulan no sólo por las fracturas francas y bien desarrolladas, sino también por los huecos irregulares que dejan entre sí los blocks ó fragmentos de roca caídos de los respaldos al interior de las cavidades abiertas en rocas de poca dureza. Las soluciones termominerales, al circular por los espacios vacíos ya mencionados, pueden obrar sobre la roca de los «respaldos» mecánica y químicamente. Por su acción mecánica ocasionan la erosión de la roca, variable con la dureza de esta última y con la velocidad de la circulación de las aguas; y por su acción química originan reacciones, que varían con la composición de la roca de los «respaldos.»

1 W. H. Weed. Influence of Country Rock in mineral Veins. Trans. Am. Inst. Min. Eng. Vol. XXXI pág. 653.

Estas dos acciones pueden motivar el ensanchamiento de las cavidades en algunos lugares; sobre todo, cuando es soluble la roca en las aguas mineralizantes, ó cuando puede intervenir ésta en substituciones metasomáticas; es decir, en cambios, molécula por molécula, entre las substancias componentes de la roca y los compuestos disueltos en las aguas termales ascendentes, substituciones que aumentan la potencia del criadero, especialmente cuando el depósito del relleno se verifica con menor velocidad que la alteración de la roca por efecto del metasomatismo.

Entrar en detalles, respecto á las substituciones metasomáticas y á la manera de relleno de las cavidades, sería muy largo; y, además, este estudio detallado geológico-químico no es del todo necesario para el objeto que hoy me propongo, pues me será bastante decir que: los cambios en la composición química de las rocas pueden motivar reacciones diferentes al obrar éstas como precipitantes de una misma solución metalífera, razón por la cual pueden establecerse á veces relaciones locales entre las rocas de los «respaldos» y la naturaleza del relleno metalífero[1] de las cavidades, y pueden también observarse cambios en la mineralización de una misma fractura, al pasar ésta de una roca á otra de composición química diferente; pero, entre esta composición de la roca y la concentración de la riqueza del criadero, no pueden establecerse relaciones en la mayoría de los casos, y sí se observa, en cambio, en muchas partes, lo que pasa en Santa Elena y la Carolina, en el Distrito de Linares, en donde unas vetas, como las de

1 George F. Becker. «Geology of the Comstock Lode and the Washoe District Washington,» 1882, pág. 220.

Esperanza y San Gabriel, se enriquecen en el granito y se empobrecen en las pizarras; y, por el contrario, la veta El Castillo, á un kilómetro de distancia solamente de la llamada Esperanza, se enriquece en las pizarras y es estéril en el granito.[1]

Weed, después de hacer un estudio minucioso relativo á la acción que ejerce la roca de los «respaldos» sobre la mineralización de los criaderos, concluye diciendo que: la roca no tiene influencia alguna cuando no interviene en substituciones metasomáticas; y como estas substituciones varían con la composición de las soluciones mineralizantes, no se puede establecer ninguna relación general entre ciertas rocas-tipos y los criaderos bien mineralizados.[2]

Según lo anterior, la composición química de las rocas puede influir algunas veces solamente en la naturaleza del relleno metalífero; pero como esa composición, salvo raras excepciones, no varía prácticamente de un lugar á otro de la misma roca, las aguas termominerales ascendentes motivarán las mismas reacciones en todo el trayecto de una fractura abierta en la misma roca; y, por lo tanto, en estos tramos la concentración de la riqueza en zonas bonancibles no dependerá solamente de la composición química de la roca de los «respaldos.»

La riqueza de los tramos bonancibles de un criadero, puede ser cualitativa, cuantitativa, ó ambas á la vez. Para

1 A. O. Wittelsback.—Fragen und Aregungen Z. f. prakt Geol 1897, pág. 5. Véase también W. H. Weed.—Trans. Am. Inst. Min. Eng. Tomo XXXI, páginas 642, 646, 649.

2 W. H. Weed.—Influence of Country Rock on Mineral Veins Trans. Am. Inst. Min. Eng. Vol. XXXI, pág. 653 y Am. Jour. of Sic. and Arts. 4.ª serie. Vol. XIII, pág. 324.

que la riqueza sea cualitativa, se necesita gran extensión de las reacciones químicas que originan el depósito de los compuestos metalíferos, y para que sea cuantitativa, se requiere amplitud del espacio, en el cual tengan que depositarse los referidos compuestos. Ahora bien, la mayor extensión de las reacciones mencionadas se alcanza, por lo que diré en seguida, en los tramos de mayor permeabilidad de la roca de los «respaldos;» en los cuales, la amplitud del espacio para el depósito metalífero será también mayor, si la roca es soluble en el líquido mineralizante y, por lo tanto, los tramos de mayor permeabilidad de la roca de los «respaldos,» son los más á propósito para la concentración de la riqueza relativa de un criadero.

La permeabilidad de una roca, ó sea la propiedad de permitir la circulación de líquidos ó gases en su interior, puede ser debida á su porosidad, es decir, al espacio vacío comprendido entre las partículas de la roca, ó á las grietas que le atraviesen; fracturas éstas que Daubrée ha designado con el nombre de litoclasas, dividiéndolas en paraclasas ó diaclasas, según que exista falla ó sean simplemente fracturas sin desalojamiento relativo, ó salto notable de los «respaldos.[1] La permeabilidad de las rocas debida á su agrietamiento es conocida con el nombre de permeabilidad en grande.[2]

Según lo anterior, los tramos de roca porosa que corte una fractura, así como las cercanías de las intersecciones de ésta con diaclasas transversales, serán zonas de permea-

1 A. Daubrée.—Les eaux souterraines a l'époque actuelle. París, 1887. Tomo I, páginas 130-143.

2 A. Daubrée.—L. c., página 16.

bilidad en los «respaldos» de la referida fractura. Esta permeabilidad variará en las rocas porosas con la forma y uniformidad de las partículas que las constituyen, y con la cantidad de substancia que sirva para cementarlas; pero, en todos casos, aumentará la permeabilidad en grande con el número y proximidad de las diaclasas que la originen; y la velocidad de circulación interior aumentará con la anchura de estas grietas. Por otra parte, al aumentar la permeabilidad en grande aumenta la superficie de contacto entre la roca y los líquidos que circulan en su interior, y este aumento de superficie acelera, como es bien sabido, la velocidad de disolución de los cuerpos sólidos, y también la extensión de las reacciones químicas entre los sólidos y los líquidos, reacciones que no están sujetas á la ley de las masas ó proporciones relativas, sino al principio de las superficies de separación.[1] Estas leyes son perfectamente conocidas, y no es del caso entrar en mayores detalles.

Indicado lo anterior, se comprende que: cuando las rocas sean solubles en las aguas mineralizantes, como sucede con la caliza, las mayores cavidades se encontrarán generalmente en los cruzamientos de las diaclasas con los planos estratigráficos, y principalmente cuando las grietas transversales al rumbo de las capas estén muy cercanas entre sí formando zonas de diaclasas; y en caso que la roca de los «respaldos» pueda intervenir por su composición química en substituciones metasomáticas, como sucede con la caliza y algunas rocas eruptivas, se concentrará la mineraliza-

1 James Bottomley.—Mem and Proc. of the Manchester. Lit. and Phyl. Soc. 1889. 4.ª Tomo II, página 170.—Spring y Van-Aubel.—Mem and etc., etc., página 181.—M. Berthélot.—Mécanique Chimique. París. 1879. Tomo II, pág. 96.

ción útil en los cruzamientos de estas zonas de diaclasas con las fracturas principales.[1] Además, en estos cruzamientos, así como en las rocas porosas, no solamente pueden activarse las substituciones metasomáticas y la disolución de la roca de los «respaldos,» sino que se verifican también reacciones químicas, en las cuales no intervienen estas rocas, y que motivan el depósito de los compuestos metalíferos, como indicaré en seguida.

Las fracturas de las rocas no son de igual anchura, y las diaclasas, tantas veces mencionadas, son, por lo general, angostas, capilares.[2] Esta diferencia en el ancho de las fracturas ocasiona cambios en la velocidad de la circulación de las aguas que pasen por ellas, pues, á medida que las grietas son más angostas, aumenta la fricción entre la roca de los «respaldos» y la columna líquida, y disminuye, por lo mismo, la velocidad de la circulación. Esta desigual resistencia ocasiona que el agua, en su trayecto subterráneo, tienda á pasar, de las grietas más estrechas, capilares, hacia las fracturas más amplias, que son líneas de menor resistencia. Ahora bien, al circular las soluciones termominerales ascendentes por las fracturas de la roca, encontrarán á las aguas superficiales en su circulación descendente; pero como la componente vertical del movimiento de estas últimas tiene la misma dirección que la gravedad, y es de dirección contraria la componente vertical del movimiento hacia arriba de las aguas mineralizadas, las primeras circularán descendiendo con menos dificultad por las

1 C. R. Van Hise.—L. c., páginas 89-90.

2 Véase Alfred Daniell.—Text-book of Physics. 3.ª edición, 1894, páginas 277-316.

grietas capilares, que si ascendieran por éstas las soluciones mineralizantes. Por este motivo, las aguas superficiales bajarán por las diaclasas capilares ya mencionadas, siguiendo á veces un trayecto horizontal; pero tendiendo siempre á llegar á las fracturas más abiertas para volver al exterior juntas con las aguas termominerales, las cuales seguirán de preferencia las fracturas amplias por el motivo ya indicado. Esta idea la expresa Van Hise en los siguientes términos: «*the larger opening are more extensively used by the upward moving water than by the downward movin water.*»[1] Establecida la circulación de las aguas como queda dicho, los cruzamientos de las diaclasas transversales con la fractura principal, serán muchas veces las zonas en que se mezclen las aguas superficiales descendentes con las mineralizadas ascendentes; y como las primeras, por las substancias que contienen en disolución, ocasionan depósitos metalíferos al obrar sobre las soluciones minerales, estas zonas de cruzamiento, en donde pueden mezclarse las dos referidas aguas, serán muchas veces regiones de precipitación metalífera, y por lo mismo, de enriquecimiento útil de los criaderos.

Las reacciones químicas que tuvieron verificativo al mezclarse las aguas superficiales con las termominerales ascendentes, si bien es cierto que no son muy complicadas, en cambio, variaron, como se comprende sin dificultad, con la composición de las aguas mineralizantes. Estas reacciones las he estudiado ya para el caso especial de los criaderos de mercurio,[2] y tal vez me ocuparé más adelante

1 C. R. Van Hise.—L. c., página 61. Véase también F. Posepny. The Genesis of Ore Deposits. New Yorck, 1902, páginas 27-28.

2 J. D. Villarello. Génesis de los Yacimientos Mercuriales de Palomas y Huitzuco. Memorias de la Sociedad Científica, «Antonio Alzate.» Tomo XIX, 1902-1903, pág. 117.

de las relativas á otros criaderos; pero ahora me bastará decir con Van Hise, que: el factor más importante de los que intervienen en el depósito de los minerales, es la mezcla de soluciones de composición diferente.[1]

De lo expuesto puede concluirse que: al diferenciarse la mineralización primitiva se concentrará ésta en zonas de enriquecimiento cuantitativo, y á veces también cualitativo, en las uniones de las fracturas ramificadas, y en los cruzamientos de diaclasas en rocas solubles; y la concentración será cualitativa en las zonas permeables de la roca de los «respaldos,» principalmente en las cercanías de las intersecciones de las zonas de diaclasas con las cavidades que constituyen la «caja» del criadero. Lo anterior debe entenderse en términos generales, pues ni todas las uniones de las fracturas ramaleadas serán zonas de enriquecimiento cuantitativo, ni todos los cruzamientos de diaclasas serán zonas bonancibles; pero cuando las primeras se encuentren en rocas que, como la caliza, puedan intervenir en substituciones metasomáticas, se encontrará en esas reuniones una concentración relativa de riqueza, lo mismo que en los tramos porosos y en los cruzamientos de las diaclasas, cuando haya habido circulación de aguas superficiales en estos lugares.

En comprobación de lo anterior podría citar muchas observaciones,[2] pero creo bastante limitarme á las siguien-

1 C R. Van Hise. L. c., pág. 86.

2 Véase E. Fuchs y L. de Launay. L. c., págs. 613, 620, 631, 693, 773, 787, 789, 917, 933 y 949. J A. Rickard. The Formation of bonanzas in the uper Portions of Gold Veins Trans. Am. Inst. Min. Eng. Tomo XXXI, pág. 211 á 218. Philip Argael. Notes on the Santa Eulalia Mining District Chihuahua, México. Proce. of the Colorado Scien Society. Vol. 7, pág. 118.

tes, en las que por desgracia no está especificado si la riqueza es primaria ó secundaria; pero como la concentración de esta última se verifica también, como diré después, en las zonas porosas y en los cruzamientos de las diaclasas principalmente, estas observaciones servirán para comprobar lo anterior y también lo que diré después al ocuparme de las remociones y enriquecimientos secundarios del relleno primitivo.

En Zellerfeld no se ha observado en ninguna parte una influencia apreciable de la roca de los «respaldos» sobre la mineralización, pero las zonas más ricas se encuentran en las bifurcaciones de las vetas principales.[1]

En los criaderos plumbo-argentíferos de Eureka (Nevada), la distribución del mineral ha dependido del carácter físico de la roca de los «respaldos,» y no de su composición química ó mineralógica; las partes bonancibles se encuentran en los lugares hendidos de la caliza, y la forma de los criaderos depende de los cambios en la permeabilidad de esta roca.[2]

En el Distrito Schneeberg, en Sajonia, las reuniones de las venas cobaltíferas son generalmente ricas, y en algunas de ellas se han encontrado masas notablemente ricas.[3]

En Freiberg y en Clausthal los enriquecimientos cualitativos se encuentran en las reuniones de dos ó varias vetas principales,[4] y en los cruzamientos de éstas.[5]

1 Alb Von Groddeck. L. c., pág. 313.

2 J. S. Curtis. Silver Lead Deposits of Eureka Nevada Monographs of the U. S. Geol. Survey. Vol. VII. 1884, págs. 70, 75 y 139.

3 Dr. Richard Beck. Traité de Gisements métalliféres. Paris 1904, p. 399.

4 R. Beck. L. c., págs. 449-450.

5 Müler L. c. pág. 269.

Las vetas cobalto–argentíferas de Joachimstahle, al S. E. del Erzgebirge, se enriquecen en sus cruzamientos,[1] lo mismo que las de Nagiag.[2]

En Siebenbürgen, en las minas de Muszari, los cruzamientos de dos sistemas de vetas auríferas han sido muy ricos.[3]

Las vetas de Tatatila, en Zomelahuacán (Veracruz–México), se enriquecen en sus cruzamientos.

La veta cuprífera de Cliff, en el Lago Superior, contiene mineral más rico á medida que es más porosa la roca de los «respaldos».[4]

En la veta Grüner Gang (Schemnitz), la riqueza se concentra en las cercanías de hendiduras transversales absolutamente estériles.[5]

Las vetas cupríferas del Cantón de Murtschenalp son más ricas en las rocas hendidas que en las compactas.[6]

En las vetas del monte Pareu. Draculm, cerca de Sinka, en las cercanías de Kronstadt (Siebenbürgen), la galena se encuentra solamente en los lugares hendidos del pórfido.[7]

Las vetas de Ems, cerca del Rhin,[8] lo mismo que las auríferas de la cadena de Tanern, cerca de Salzbourg, y las de Brandholtz, cerca de Berneck, en el Fichtelgebirge,[9]

1 R. Beck, L. c, pág. 328.
2 íd íd. pág. 364.
3 íd. íd. pág. 367.
4 íd. íd. pág. 270.
5 Fuchs y L. de Launay. L. c., pág. 789.
6 A. Von Groddeck. L c., pág. 266.
7 íd. íd. pág. 240.
8 íd. íd. pág. 309.
9 íd. íd. pág. 278.

se mineralizan en la intersección de hendiduras transversales con las vetas de mayor importancia.

En el Comstock Lode, las lentes y columnas bien mineralizadas son transversales á la dirección de la veta, se extienden más lejos de los límites de ésta, y están en relación con hendiduras de cruzamiento.[1]

En Cripple Creek (Colorado), la riqueza de las vetas auríferas se concentra en los cruzamientos con hendiduras transversales, las cuales limitan á las zonas bonancibles, tanto al rumbo como al «echado».[2]

La veta cupro-estanífera, llamada Old Hervas (Cornwall), se enriquece en las intersecciones con fracturas transversales.[3]

Las vetas de zinc de Laurium (Attique) tienen su mineralización rica en el cruzamiento de dos sistemas de diaclasas.[4]

Las vetas del Distrito minero de Guanajuato (México) se enriquecen al cortar diaclasas transversales, y son pobres en los lugares en que no existen estas hendiduras en la roca de los «respaldos.»

En la mina Entreprise, cerca de Rico, al S.W. de Colorado, las calizas y areniscas están atravesadas por dos sistemas de fracturas: uno de estos está mineralizado, y el otro sólo contiene en su relleno cuarzo pobre; pero en la

1 R. Beck. L. c., pag. 376.

2 R. Beck. L. c., pag. 384.

3 E. Fuchs y L. de Launay.—Traité de Gîtes mineraux et métallifères. Paris, 1893. Tomo II, página 124.

4 E. Fuchs y L. de Launay. L. c., páginas 381-385.—A. Draubrée. L. c., página 107.

intersección de los dos se enriquece la mineralización plomosa del primer sistema.[1]

Los criaderos de Bleiberg, como los de Raibl, son rellenos de cavidades en forma de columnas, y los ejes de éstas se encuentran en el cruzamiento de los planos estratigráficos de la caliza con hendiduras transversales.[2]

La caliza carbonífera de Inglaterra está atravesada, en el Derbyshire y Cumberland, por muchas hendiduras transversales que, en su intersección con los planos estratigráficos, originan criaderos irregulares plomosos, alargados paralelamente á la estratificación.[3]

En Mapimí (México), los criaderos plumbo-argentíferos se encuentran en las intersecciones de los planos estratigráficos de las calizas con hendiduras tectónicas transversales, están limitados por estas diaclasas, y las exploraciones han sido infructuosas en las partes compactas ó poco hendidas de las calizas.

Las vetas de Tombstone, en Arizona, tienen sus mayores riquezas al cortar transversalmente á los planos estratigráficos de las calizas, cuarzitas y pizarras.[4]

Por último, en los criaderos epigenéticos no filonianos, como son las capas mineralizadas, la riqueza no está uniformemente repartida, sino que se concentra también, como dice Beck, en las hendiduras que las atraviesan. Esto se observa en varias partes, entre las cuales citaré la mina San Cristobal, cerca de Breintenbrum.[5]

1 R. Beck.—L. c., pág. 296.

2 Idem, ídem., página 658.

3 A. Von Groddeck.—L. c., página 332.

4 J. A. Church.—The Tombstone Arizona Mining District Trans. Am. Inst. Min. Eng. Mayo 1902.

5 R. Beck. L. c., página 503.

Los tramos más anchos de un criadero, así como las uniones de éste con sus ramales, no serán en todas partes zonas bonancibles; pues, si bien es cierto que por estos lugares la circulación de las aguas mineralizantes es más activa y más larga, si no existe un motivo de precipitación de los minerales extraño á la composición de la roca, no se concentrará la mineralización primaria en estas uniones, ó partes anchas, sino cuando la roca de los «respaldos» puede intervenir en substituciones metasomáticas que originen el depósito metalífero; y, por lo mismo, solamente el estudio de la localidad podrá decidir en cada caso si los lugares referidos serán ó no zonas bonancibles.

Las fracturas del terreno no se distribuyen á la casualidad, sino que, como todos los fenómenos naturales, obedecen á cierto orden. En efecto, las fracturas de un mismo sistema son casi paralelas entre sí, y se agrupan á veces formando zonas. Según esto, y como, por lo general, las partes bonancibles de un criadero se encuentran en algunas de las intersecciones de éste con diaclasas transversales, puede decirse que: en un mismo criadero las partes ricas no están orientadas á la casualidad, sino que forman generalmente una serie de elementos paralelos entre sí, y cuya dirección común puede considerarse como la «buena orientación»[1] en todo el Distrito minero.

Hasta aquí sólo he hablado de la distribución primaria de la riqueza en los criaderos metalíferos epigenéticos á rumbo de éstos, y me falta indicar ahora la diferenciación primaria del relleno á la profundidad, para lo cual muy poco tendré que agregar.

1. A de Lapparent.—Traité de Géologie. Paris, 1885, página 1383.

A la profundidad, lo mismo que al rumbo de un criadero, puede cambiar el carácter físico de la roca de los «respaldos;» y, por lo tanto, variará la potencia de la cavidad con la dureza de la roca, tanto á rumbo como al «echado.» Por otra parte, la permeabilidad en grande de la roca de los «respaldos» no es uniforme en toda la longitud de las intersecciones de las zonas de diaclasas con las cavidades principales, sino que, por el contrario, es muy irregular, y con tendencias á disminuir cuando la profundidad aumenta. En efecto, esta permeabilidad en grande varía con el número y anchura de las grietas que atraviesan á la roca, y es tanto mayor á medida que son más numerosas las referidas litoclasas; pero, según el conjunto de observaciones hechas en los lugares dislocados, resulta que: el agrietamiento del terreno afecta de preferencia las partes más cercanas de la superficie, en donde la roca tiene mayor rigidez y puede fracturarse más fácilmente;[1] por lo tanto, aunque varias diaclasas llegan á mucha profundidad, otras van desapareciendo[2] al alejarse de la superficie del terreno, y la permeabilidad en grande disminuye á medida que se pierden las referidas litoclasas. Además, la anchura de estas últimas no es uniforme, sino que se observan en ellas ensanchamientos, separados á la profundidad por tramos muy estrechos ó cerrados, lo cual es debido á que no son siempre planas esas fracturas, sino curvas ó sinuosas; y, en este caso, al deslizar uno de los «respaldos» sobre el otro se producen ensanchamientos interrumpidos,[3] que, por ser zonas de menor re-

1 Emm de Margerie y Albert Heim.—Les dislocations de l'ecorce terrestre. Zürich, 1888, página 44.

2 Van Hise.—L. c., páginas 34-35.

3 Emm de Margerie y Albert Heim.—L. c., páginas 12-14.

sistencia, facilitan la circulación de las aguas descendentes, y en las cercanías de ellas se concentrará de preferencia la riqueza relativa, por ser tramos de mayor permeabilidad. Según esto, en las zonas de cruzamiento de las diaclasas transversales con las fracturas mineralizadas, se encontrará la riqueza relativa del criadero; pero no estará uniformemente repartida en toda la longitud de esas intersecciones, formando columnas ó chimeneas no interrumpidas, lo cual es excepcional, sino concentrada en ojos, lentes ó clavos, de diversos tamaños, y localizados en los tramos más permeables de estos cruzamientos. Los ojos, lentes ó clavos, aunque limitados por relleno relativamente pobre ó estéril, continuarán apareciendo hacia abajo, en las zonas de intersección de las diaclasas con el criadero;[1] pero su número irá disminuyendo, y se localizarán más, á medida que desaparezcan las diaclasas con el aumento de profundidad.

Por último, las especies minerales en las zonas bonancibles ya indicadas varían con la profundidad. Esta variación, que influye en la riqueza útil de un criadero, depende de las reacciones químicas que se verifican durante la diferenciación primitiva del relleno y los enriquecimientos secundarios de éste; pero como el estudio de esas reacciones está fuera de los límites de estos apuntes, sólo diré que: si bien es cierto que la «potencia» de los criaderos varía á la profundidad con el carácter físico de la roca de los «respaldos,» y varían también las especies minerales del relleno, como la riqueza relativa se concentra general-

1 A veces las diaclasas están cortadas por otras á la profundidad, y entonces suele desviarse la zona bonancible, siguiendo la intersección de estas diaclasas con el criadero.

mente en las zonas de intersección de los criaderos con diaclasas transversales, la exploración de estos cruzamientos á la profundidad conducirá á los tramos bonancibles; y por lo tanto, esta exploración será la más racional y económica de un criadero metalífero epigenético.

* * *

Pasado el primer período de relleno y diferenciado éste como indiqué ya, comienzan las transformaciones y remosiones de los minerales primeramente depositados. Estos cambios, que continúan en la actualidad, ocasionan el segundo enriquecimiento de los criaderos, y del cual paso á ocuparme ligeramente.

Interrumpido ó terminado el movimiento ascensional de las soluciones mineralizantes, continúa siempre la circulación descendente de las aguas superficiales, las cuales siguen el trayecto ya indicado; es decir, bajan por las rocas porosas y las diaclasas capilares de las rocas compactas, penetran al criadero por los espacios vacíos que haya dejado el primer relleno, y llegan á la zona de las aguas permanentes, la cual está limitada hacia arriba por la superficie llamada nivel hidrostático. Como se ve, el trayecto seguido por las aguas en la «zona de lixiviación,» es decir, desde la superficie del terreno hasta el nivel hidrostático, es bastante irregular; y también lo es el espacio ocupado por las aguas permanentes, pues éstas llenan los huecos que quedaron en el relleno primitivo del criadero, los vacíos capilares comprendidos entre las partículas de las rocas porosas, las hendiduras, diaclasas, planos estratigráficos

y, en general, las litoclasas que surcan á la roca; y, por lo tanto, sólo puede decirse que: ese espacio irregular que ocupan las aguas permanentes está limitado por las partes impermeables de la roca y del criadero; y, por lo mismo, no siempre será continuo á la profundidad[1] según una misma vertical, pues puede quedar interrumpido por un fondo impermeable, y á cierta altura sobre éste las aguas seguirán descendiendo por litoclasas para acumularse en otro receptáculo abajo del anterior, y separado de él por un tramo impermeable de la roca y del criadero.

Siendo tan irregular el espacio ocupado por las aguas permanentes, y estando acumuladas éstas muchas veces en receptáculos con desagüe á diversas alturas, se comprende que el nivel hidrostático no es una superficie regular, sino muy irregular, como lo han comprobado recientemente las observaciones de Emmons[2] y Weed. Por otra parte, la altura del nivel hidrostático depende, no sólo de los cambios en las precipitaciones atmosféricas, sino de la posición de las vías de desagüe de los receptáculos subterráneos, ya sea hacia la superficie del terreno, ó bien hacia receptáculos más profundos; y por lo tanto, la erosión ó el levantamiento del terreno pueden ocasionar descensos del nivel hidrostático.

Expuesto lo anterior, diré ahora que: las aguas meteóricas en su circulación descendente por la zona de lixiviación, y al pasar en algunos tramos de su trayecto por el criadero mineral, oxidan á los sulfuros metálicos del relleno primi-

1 J. F. Kemp.—The Role of the Igneous Rocks in the Formation of Veins. Trans. Am. Inst Min. Eng. Volumen XXXI, página 185.

2 F. S. Emmons.—The Secondary Enrichment of Ore Deposits. Trans. Amer. Inst. Min. Eng. Tomo XXX, página 182.

tivo, transformándolos en sulfatos más ó menos solubles;[1] disuelven á veces á la roca de los «respaldos,» como sucede cuando es ésta caliza, en cuyo caso pueden arrastrar consigo y acumular después pedazos del relleno primitivo; y, por último, originan reacciones químicas entre los compuestos oxidados solubles, y los minerales que hayan resistido á la oxidación. Obrando de esta manera, las aguas superficiales tienden á ensanchar la cavidad del criadero cuando la roca de los «respaldos» es soluble, ó puede intervenir en substituciones metasomáticas; aumentan los espacios vacíos que hubiere dejado el primer relleno, al transformar á los sulfuros sólidos en sulfatos solubles; y ponen así en movimiento substancias que estaban ya depositadas. Al aumentar los espacios vacíos dentro del relleno de la cavidad, se facilita la circulación de las aguas superficiales, y va aumentando el campo de acción de éstas hasta llegar á lixiviar la mayor parte[2] del criadero comprendido entre la superficie del terreno y el nivel hidrostático, ó á veces algo más abajo[3] de este nivel. La lixiviación anterior ocasiona: un enriquecimiento industrial de la parte alta del criadero, cuando los sulfuros contienen metales nobles nativos, pues éstos quedan libres al transformarse los sulfuros en sulfatos solubles; un empobrecimiento en tramos antes ricos, al oxidarse y disolverse los sulfuros metálicos; y un segundo enriquecimiento en los lugares en que los

1 Walter Harvey Weed.—The Enrichment of Gold and Silver Veins. Trans. Amer. Inst Min. Eng. Tomo XXX, página 429.—H. F. Bain. Preliminary Report on the lead and zinc Deposits of the Ozark Region 22 Ann. Rep. of the U. S. Geol. Survey. 1901. Parte II, pag. 47.

2 Waldemar Lindgren.—Metasomatic Processes in Fissure-Venis. Trans. Am Inst. Min. Eng. Tomo XXX, 1901, página 599.

3 F. A. Richard—L. c., páginas 168-201.

sulfuros primarios sirven como precipitantes de la solución de sulfatos metálicos.

El estudio detallado de las reacciones químicas que se verifican en la zona de lixiviación de un criadero, conocida con el nombre de zona de oxidación, ès muy interesante, tanto científica como industrialmente hablando; pero los límites de estos apuntes no me permiten entrar en mayores detalles, y solamente diré que: unos sulfuros metálicos pueden precipitar como sulfuros á otros metales disueltos al estado de sulfatos;[1] que en la zona de lixiviación de los criaderos pueden formarse sulfuros metálicos de origen secundario,[2] y que, al llegar las soluciones ácidas de sulfatos metálicos á la zona de las aguas permanentes, los sulfuros metálicos no alterados, contenidos en ella, obran como precipitantes y producen un enriquecimiento á la altura del nivel hidrostático, y á veces también abajo[3] de este nivel. Esta zona de enriquecimiento secundario, cercana al nivel hidrostático, la llamaré zona principal de precipitación secundaria, puesto que he llamado zona de lixiviación del criadero á la comprendida entre la superficie del terreno y el nivel hidrostático de la región. Como la altura de este último no es constante, la zona de precipitación tenderá á ir bajando, y con ella la de enriquecimiento secundario del criadero; pues, al bajar el referido nivel, pasa á la zona de lixiviación el mineral que constituia el depósito secundario, y las aguas superficiales volverán á transformar este depó-

1 Van Hise.—L. c., páginas 111-112.

2 J. H. L. Vogt.—Problems in the Geology of Ore Deposits. Trans. Amer. Inst. Min. Eng. Tomo XXXI, página 166, y S. F. Emmons.—L. c., págs. 183-206.

3 W. H. Weed.—L. c., páginas 431-440, y H. F. Bain.—L. c., págs. 44-45.

sito, haciéndolo emigrar á mayor profundidad.[1] Estos cambios ocasionan que las zonas de lixiviación y de precipitación no estén perfectamente separadas, sino que existe entre ellas una intermediaria, en la cual se observan: minerales oxidados juntos con los sulfuros primitivos, lixiviaciones en unas partes, y enriquecimientos secundarios en otras.

Como se ve por lo anterior, las transformaciones del relleno primitivo de un criadero, la remoción de los elementos metalíferos, y los enriquecimientos secundarios ya indicados, no dependen de la forma primitiva del criadero, ni de su génesis, ni de la composición de la roca de los «respaldos,» sino de la composición química del relleno primitivo,[2] y son debidos únicamente á la acción del agua[3] que desciende de la superficie del terreno.

Las aguas pueden circular dentro de un criadero por los vacíos irregulares que haya dejado el relleno primitivo, y especialmente por las fracturas que corten el criadero; es decir, por las diaclasas ó paraclasas posteriores al primer relleno de la cavidad. Estas fracturas no son siempre del mismo rumbo que el criadero que las precede, sino que á veces lo atraviesan oblicuamente,[4] pero se encuentran en la mayoría de los casos; pues, como dije al principio de estos apuntes, la reabertura, varias veces repetida, de muchos criaderos y la formación consecutiva de nuevos relle-

1 W. H. Weed.—L. c., página 448.

2 R. Beck.—L. c., página 421.

3 L. de Launay.—Contribution a l'etude des Gîtes métallifères. Paris, 1897, página 35.

4 Beck.—L. c., página 206.

nos, debe considerarse como un fenómeno extraordinariamente frecuente.[1]

La forma y anchura de las fracturas que cortan á un criadero preexistente, dependen, por las razones ya indicadas, del carácter físico del relleno primitivo; pues si éste es de dureza media, las fracturas serán bien desarrolladas, y quedarán, por el contrario, muy angostas y cerradas[2] en los tramos más duros del referido relleno.

Cuando las reaberturas del criadero permitan un nuevo ascenso[3] de las soluciones termominerales, volverán á repetirse los fenómenos ya indicados, y aunque la composición de estas aguas mineralizantes puede ser diferente[4] de las que circularon primero por la cavidad, y, por lo mismo, puede variar la naturaleza del segundo relleno, la mineralización se concentrará de preferencia en las intersecciones del criadero con las diaclasas transversales nuevamente abiertas, por ser ellas las que han servido de canal de circulación para las aguas ascendentes mineralizadas; y en caso de ser las reaberturas del mismo rumbo que el criadero, la mineralización se concentrará de preferencia en las intersecciones de esta nueva cavidad con algunas de las diaclasas transversales preexistentes, puesto que en estos lugares se encuentra generalmente el enriquecimiento primitivo;[5] los sulfuros metálicos contenidos en estas zonas bonancibles sirven de precipitante para las soluciones mi-

1 Beck.—L. c., páginas 206 y 467.

2 En términos mineros se conocen éstas con el nombre de «puertas»

3 C. R. Van Hise.—Some Principles Controlling the Deposition of Ores. Trans. Amer. Inst. Min. Eng. Vol. XXXI, página 300.

4 R. Beck.—L. c., página 467.

5 F. S. Emmons.— L. c., página 204.

neralizadas, y se produce allí un enriquecimiento secundario, debido á la nueva circulación ascendente de aguas termominerales.

Cuando las fracturas posteriores al primer relleno de un criadero no ocasionen un nuevo ascenso de soluciones termominerales, permitirán siempre, al comunicarse con las diaclasas, por las cuales circulen las aguas superficiales, que éstas penetren al criadero en la zona de lixiviación y motiven un segundo enriquecimiento como dije antes, el cual se verificará en varias partes del trayecto de las fracturas dentro del criadero;[1] pero se concentrará principalmente en las zonas bonancibles del primer relleno, pues los sulfuros metálicos contenidos en éstas sirven como precipitantes de la solución mineralizada descendente; y este segundo enriquecimiento alcanzará su mayor extensión al llegar al nivel hidrostático, puesto que los minerales precipitados á este nivel no serán ya removidos, á menos que descienda el referido nivel, en cuyo caso descenderá con él, como he dicho, la zona principal de precipitación secundaria.

Para que se verifiquen enriquecimientos secundarios es preciso que el relleno primitivo sea permeable,[2] que esté fracturado, y como estas fracturas serán insignificantes en los tramos duros del relleno primitivo, estos tramos son poco á propósito para la concentración del mencionado enriquecimiento. Por otra parte, como la acción mineralizante de las aguas que descienden por la zona de lixiviación de un criadero concluye en las cercanías del nivel hidrostático,

1 H. W. Weed.—L. c., página 440.
2 H. W. Weed.—L. c., página 440.

al ser precipitados los metales nobles que lleva en disolución por los sulfuros primitivos no alterados que existen á ese nivel, principalmente en las zonas bonancibles del relleno primitivo, si la riqueza industrial de un criadero depende solamente del segundo enriquecimiento, debido á las aguas superficiales descendentes, puede decirse que más abajo del nivel hidrostático se empobrecerá el criadero[1] y, por lo tanto, perderá su valor comercial.

Como se ve por lo anterior, el ascenso repetido de soluciones termominerales, así como el descenso de las aguas por la zona de lixiviación de un criadero, ocasionan depósitos secundarios, que se distribuyen de la misma manera que el relleno primitivo; es decir, se concentra la riqueza de éstas generalmente en los tramos más permeables del criadero, y sobre todo en las zonas bonancibles primarias, las cuales experimentan así enriquecimientos secundarios. Según esto, puede concluirse que: tanto el enriquecimiento primario como los secundarios de un criadero, se concentrarán generalmente en algunos de los cruzamientos de éste con diaclasas transversales,[2] anteriores ó posteriores al relleno primitivo, y entre las cuales habrá algunas, como dije antes, de rumbo determinado en cada localidad, y que, por ser las que generalmente acompañan á las zonas bonancibles, definen la «buena orientación» en el Distrito minero.

1 H. W. Weed.—L. c., página 424.
2 H W. Weed.—L. c , página 442.

———

Como resumen de estos ligeros apuntes, pueden indicarse las siguientes conclusiones generales:

I. La composición química ó mineralógica de la roca de los «respaldos» está algunas veces en relación con las especies minerales depositadas en el relleno del criadero metalífero, al cual sirven de «caja;» pero no depende de ella principalmente la concentración de la riqueza en zonas bonancibles.

II. El carácter físico de la roca de los «respaldos,» su dureza y permeabilidad, determina generalmente la forma y dimensiones de la cavidad, así como la concentración de la riqueza en los criaderos metalíferos.

III. En las formaciones sedimentarias calizas, los criaderos principales se encuentran en las intersecciones de los planos estratigráficos, con algunas de las zonas de diaclasas transversales al rumbo de las capas, ó en las intersecciones de estas diaclasas.

IV. Las zonas bonancibles, ó de concentración relativa de la riqueza primitiva, se encuentran: á veces, en las uniones de las fracturas principales entre sí ó con sus ramales; casi siempre, en las partes porosas de la roca de los «respaldos,» y principalmente, en las intersecciones del criadero con diaclasas transversales de «buena orientación.»

V. El enriquecimiento secundario de los criaderos se encontrará en las reaberturas de estos últimos, concentrado en zonas bonancibles, generalmente en las intersecciones del criadero con diaclasas transversales de «buena orientación;» y estas zonas alcanzarán su mayor riqueza en las cercanías del nivel hidrostático de la región.

VI. En las zonas bonancibles se concentrará la riqueza,

principalmente en los tramos de mayor permeabilidad, formando, raras veces, columnas rectas ó inclinadas; y, casi siempre, ojos, lentes ó clavos, separados por tramos pobres ó estériles; pero, tanto arriba como abajo, siguiendo el «echado» de las diaclasas transversales, se repiten generalmente los ojos, lentes ó clavos, siempre que no desaparezcan á la profundidad las referidas diaclasas.

VII. Cuando la riqueza industrial de un criadero sea debida solamente á los enriquecimientos secundarios, originados por las aguas superficiales descendentes, puede decirse que: más abajo del nivel hidrostático, el criadero se empobrecerá y perderá, por lo tanto, su valor comercial.

VIII. La «potencia» ó anchura de las zonas bonancibles variará, tanto á rumbo como á la profundidad, entre otros motivos, con la dureza de la roca; y, en igualdad de circunstancias, las rocas de dureza media son las más favorables para la concentración cuantitativa de la riqueza.

IX. En los tramos impermeables de la roca de los «respaldos,» por falta de porosidad ó de agrietamiento de ellos, el relleno primitivo del criadero será, por lo general, relativamente escaso en minerales útiles, y á veces completamente estéril.

X. En los tramos impermeables del relleno primitivo de un criadero, el enriquecimiento secundario será escaso ó nulo.

XI. En la zona de lixiviación las especies minerales serán principalmente óxidos, carbonatos y sulfatos, si el relleno primitivo del criadero es permeable en esta zona; pues, en caso contrario, los sulfuros comenzarán casi desde la superficie del terreno; pero en todos casos, un poco

abajo del nivel hidrostático se encontrarán solamente sulfuros metálicos.

XII. La exploración sistemática de las zonas de diaclasas transversales al rumbo de las capas, conduce generalmente á los criaderos principales en las formaciones sedimentarias; y la exploración de las diaclasas transversales á la direccción general de los criaderos metalíferos epigenéticos, conduce á las zonas bonancibles de los criaderos paralelos, ó de los ramales arqueados, diagonales, ó satélites de un mismo criadero.

XIII. La exploración á la profundidad de las zonas de cruzamiento de los criaderos con diaclasas transversales, conduce con frecuencia al descubrimiento de ojos, lentes ó clavos, más profundos, en los cuales se encontrará una concentración relativa de la riqueza de los criaderos.

XIV. Por último, las exploraciones anteriores, sobre todo cuando las zonas de diaclasas referidas son verticales ó poco inclinadas, como sucede generalmente, combinadas con algunas obras horizontales á rumbo de los criaderos, son las más racionales y económicas que pueden hacerse para el descubrimiento de las zonas relativamente bonancibles, en los criaderos metalíferos primarios epigenéticos.

México, Octubre 1º de 1904.

LIGEROS DATOS

sobre

LOS CRIADEROS DE PEÑOLES (Oax.) Y TAMAZULA (Jal.),

por Jerónimo Híjar.

Por ser estas dos localidades relativamente poco conocidas, me creo en el deber de presentar á la Sociedad Geológica un resumen de las observaciones que hice en ellas el año próximo pasado; pues entiendo que debemos coleccionar aquí toda clase de informes que tengan alguna relación con la Geología, aun cuando su objeto haya sido meramente industrial. Hasta hoy ha faltado un centro que reuna todos los estudios hechos aisladamente por los ingenieros; resultando de ahí que los informes se pierden en su mayor parte, cuando han pasado algunos años después del incidente comercial ó minero que los motivó, y mucho trabajo gastado estérilmente.

Es verdad que semejantes estudios distan bastante, en lo general, de merecer el nombre de «geológicos;» pero también es cierto que suelen contener las únicas referencias escritas que pueden encontrarse sobre determinados lugares del País.

El pueblo de Peñoles está situado en el Distrito de Etla, Estado de Oaxaca, como á cincuenta kilómetros de distancia, al W.N.W. de la capital del Estado, sobre el río de su nombre. La región en que se encuentra es montañosa, de clima templado, y está suficientemente provista de agua, en todas las épocas del año, por el citado río y sus afluentes.

El gneiss es la roca predominante y casi exclusiva, pudiendo vérsele más ó menos abundante en cuarzo y, en ocasiones, escaso de mica, ó bien con este elemento muy alterado, sobre todo en la proximidad de las vetas. Son éstas siempre de matriz cuarzosa exclusivamente, con estructura cristalina, é impregnada en diversos grados por óxidos de hierro. Contienen oro nativo en granos muy pequeños, diseminados en la matriz y no perceptibles á la simple vista; este oro es fácilmente amalgable en todas las muestras que recogí.

Un compañero de profesión se ha servido informarme que, algo más al Sur de donde yo anduve, examinó una veta robusta, de rumbo E.W. y 45° de inclinación al Sur; habiendo encontrado en un tramo de doce metros á rumbo, que una mitad de la veta (la del «alto») tenía los mismos caracteres ya indicados: llenamiento de cuarzo ferruginoso aurífero, mientras que la mitad, contigua al «respaldo» bajo, consistía en cuarzo blanco con pirita de hierro y algo de sulfuro de plata. Yo no encontré ningún mineral de plata.

La extensión del terreno que atraviesan las vetas de Peñoles no podré precisarla; pero es de consideración: sólo la zona mineralizada que recorrí al Sur y al Oriente del

pueblo, comprende una área de más de treinta y cinco kilómetros cuadrados, siendo esto una fracción pequeña del mineral; pues tengo noticias fidedignas de que se dilata mucho más al N.W. y al S.E.

Se encuentran vetas de muy diversas potencias, desde unos pocos centímetros hasta diez ó más metros, no siendo escasas las que exceden de setenta y cinco centímetros.

Parece que hay en Peñoles tres sistemas de fracturas, ocupadas por vetas de llenamientos idénticos: unas, con rumbo medio de N.W. 23° S.E., con inclinaciones comprendidas entre 44° y 60° al S.W.; otras, N.E. 25° SW., con fuerte inclinación ó enteramente verticales; y otras, E.W., con 45° de inclinación al Sur.

Todas las muestras que tomé, de las distintas vetas, acusaron mayor ó menor cantidad de oro en el ensaye: desde uno hasta más de cien gramos por mil kilogramos. Las leyes más elevadas correspondieron á muestras sacadas de las pequeñas excavaciones practicadas por los «lupios.» En la mayoría de los ejemplares había bastante oro para poder distinguirlo fácilmente, concentrando en la cuchara un puñado de cuarzo molido.

Puede distinguirse con facilidad el cuarzo más rico, porque no es compacto, sino que presenta numerosas caras ó planos de separación; ó bien es francamente careado; ó bien, por último, no tienen consistencia los fragmentos grandes, sino que se desagregan con una ligera presión; y, en todo caso, están más ó menos teñidos de pardo rojizo ó de amarillo naranjado por la limonita. El gneiss del respaldo alto de una de las vetas, contenía en cierto lugar bastante oro para que pudiera verse en el ensaye de cuchara.

Los lupios han abierto en Peñoles buen número de excavaciones poco profundas, de donde extraen el mineral aurífero que benefician en arrastres; pero limitándose siempre, como puede suponerse, á trabajar en los puntos muy favorables. Ultimamente ha emprendido trabajos sobre aquellas vetas una compañía más formal; pero puede decirse que la región minera de Peñoles, en su conjunto, está virgen todavía y presenta un interés considerable, puesto que contiene una notable cantidad de vetas de la formación cuarzosa aurífera piritosa, atravesando una roca granítica, estando comprendidas en este grupo las vetas de los campos auríferos más productivos del Mundo. Creo que Peñoles llegará á ser un centro importante de producción de oro.

Los otros criaderos á que voy á referirme se encuentran en la parte septentrional de la hacienda de Contla, entre Tamazula y Mazamitla (9.° Cantón del Estado de Jalisco).

Estos criaderos consisten en vetillas angostas, cuyos respaldos se definen muy bien, y van acompañados de salbandas delgadas; la potencia máxima de las vetillas es de veinte centímetros, y suele reducirse á unos cuantos milímetros; siendo, en promedio, de tres á cinco centímetros. Tienen una dirección aproximada de N.W. 40° S.E. y se inclinan como 75° al N.E., cortando francamente y dislocando, las más veces, á las pizarras metamórficas de la región. Algunos de estos hilos se observan en concor-

dancia con la estratificación de las pizarras, en puntos donde éstas tienen fuerte inclinación.

La matriz es principalmente cuarzosa y, en parte, calcárea; conteniendo: argentita, pirargirita, estefanita, pirita de hierro y chalcopirita; esta última en pequeñas cantidades y, todavía con más rareza, manchas de azurita y malaquita. Los cristales de todas estas especies suelen encontrarse bastante perfectos en las vetillas, y asociados frecuentemente con cristalizaciones de calcita.

Como estos pequeños filones paralelos están separados entre sí por decenas y aun centenas de metros, la explotación de cada uno, teniendo que ser independiente de la de los otros, resulta incosteable, á pesar de las altas leyes, por lo reducido del criadero. Sin embargo, la riqueza de uno de estos hilos ha sido suficiente para que en él se hayan llevado á cabo pequeños disfrutes, junto á la orilla derecha del arroyo del Malentón y casi al pie del salto principal.

Lo que hay de muy interesante en este arroyo, es su constitución geológica: está formada la montaña, á los dos lados del arroyo, por pizarras metamórficas, de color pardo ó azul negruzco, que en su conjunto presentan poca inclinación de S.W. á N.E.; pero que, en algunos puntos, están bastante erguidas ó caprichosamente corrugadas. Además de las vetillas á que hice referencia, cortan á estas pizarras, dislocándose también, varios diques y simples fallas, de rumbos parecidos al de las vetillas y de inclinaciones considerables.

Los diques están formados por una roca compacta, de color verde claro y aspecto litoide, que tuvo la bondad de

estudiar el Sr. Ordóñez, describiéndola así: «está constituida de una masa microcristalina de cuarzo y feldespato, característica de la felsita ó litoidita; contiene pedazos de cristales de cuarzo y feldespato. Su aspecto general al microscopio permite considerar que la roca se relaciona á un *magma rhyolítico,* y que la cristalización de su pasta (microcristalina) procede de las condiciones físicas realizadas por su modo de yacimiento.»

Lo que hay de más notable es la existencia de una roca, verde obscura, compacta, que, en un principio, tomé por una variedad de la roca estratificada metamórfica, debido á la semejanza de sus colores y á la concordancia de sus lechos, en los dos lugares en que la encontré. Posteriormente, habiéndola estudiado el Sr. Ordóñez, se sirvió describírmela así: «Al microscopio presenta el aspecto lampofírico, característico de las rocas en diques ó en capas intrusivas. En efecto, está constituida de una agrupación holocristalina de cristales microlíticos de oligoclasa, con un mineral ferromagnésico, que su alteración no permite reconocer claramente, pero que puede presumirse sea una piroxena. La alteración ha transformado principalmente dicha piroxena en clorita y en calcita. La roca, por su aspecto, se relaciona á las camptonitas, como una variante de las porfiritas andesíticas, si se puede demostrar su origen de capa intrusiva.»

Como se ve, si mi observación es exacta, habré encontrado un ejemplar digno de más minucioso estudio, de las capas intrusivas descritas por los geólogos americanos.

FIN DEL TOMO I.

ÍNDICE DEL TOMO I.

La SOCIEDAD GEOLÓGICA MEXICANA, fundada en México en 1904, se halla establecida en el Instituto Geológico Nacional, en donde celebra sus sesiones el día 1º de cada mes, á las 5.30 p. m.

Su **Boletín** aparecerá en dos fascículos por año, formando un tomo.

Toda la correspondencia y publicaciones, se remitirán con la siguiente dirección:

AL SECRETARIO DE LA SOCIEDAD GEOLÓGICA MEXICANA.

5.ª del Ciprés núm. 2728.

MÉXICO, D. F.

Las cuotas deben ser pagadas en el local de la Sociedad, al Tesorero, ó remitidas, en giro postal, con la misma dirección.

La Société Géologique Mexicaine fondée à Mexico en 1904, à été établie à l'Institut Géologique National, où elle tient ses séances le 1er de tous les mois.

Son **Bulletin** paraîtra en deux fascicules par an et formera un tome.

La correspondence et publications doivent être envoyés à l'adresse:

M. LE SECRÉTAIRE DE LA SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE MEXICAINE.

5.ª del Ciprés 2728.—Mexico, D. F.

MEXIQUE.

La SOCIEDAD GEOLÓGICA MEXICANA, fundada en México en 1904, se halla establecida en el Instituto Geológico Nacional, en donde celebra sus sesiones el día 1º de cada mes, á las 5.30 p. m.

Su **Boletín** aparecerá en dos fascículos por año, formando un tomo.

Toda la correspondencia y publicaciones, se remitirán con la siguiente dirección:

AL SECRETARIO DE LA SOCIEDAD GEOLÓGICA MEXICANA.

5.ª del Ciprés núm. 2728.

MÉXICO, D. F.

Las cuotas deben ser pagadas en el local de la Sociedad, al Tesorero, ó remitidas, en giro postal, con la misma dirección.

La Société Géologique Mexicaine fondée à Mexico en 1904, à été établie à l'Institut Géologique National, où elle tient ses séances le 1er de tous les mois.

Son **Bulletin** paraîtra en deux fascicules par an et formera un tome.

La correspondence et publications doivent être envoyés à l'adresse:

M. LE SECRÉTAIRE DE LA SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE MEXICAINE.

5.ª del Ciprés 2728.—Mexico, D. F.

MEXIQUE.

Imp. Escalante.

BOLETÍN

DE LA

SOCIEDAD GEOLÓGICA

MEXICANA

TOMO II.



MÉXICO

SOCIEDAD GEOLÓGICA MEXICANA

5.ª DEL CIPRÉS 2728

1906

BOLETÍN

DE LA

SOCIEDAD GEOLÓGICA

MEXICANA

TOMO II.



MÉXICO

SOCIEDAD GEOLÓGICA MEXICANA

5.ª DEL CIPRÉS 2728

1906

ARTÍCULO XV DE LOS ESTATUTOS DE LA SOCIEDAD GEOLÓGICA MEXICANA.

La Junta Directiva decidirá la impresión de los trabajos, dejando á cada autor la responsabilidad absoluta de sus ideas.

Imp. Escalante.—San Andrés, 69.

En la Asamblea General reunida el 1.° de Diciembre de 1905, el Señor Presidente de la Sociedad Geológica Mexicana, en una corta alocución, llamó la atención de los socios presentes sobre los progresos alcanzados por la Sociedad durante el año de 1905, refiriéndose especialmente á la importancia y variedad de los trabajos que fueron presentados, así como al favorable movimiento y estado de los fondos de la Sociedad, de los que el Señor Tesorero presentó una cuenta detallada, que fué aprobada en la misma Asamblea General.

SESIONES

Las sesiones ordinarias de la Sociedad se han verificado con toda regularidad una vez al mes, como lo previenen los Estatutos, y con asistencia de un número competente de socios. Algunas discusiones importantes se han suscitado durante la lectura de ciertos trabajos, en tanto que otros han requerido experiencias que se han practica-

do en presencia de los socios. Por acuerdo expreso del Consejo de la Sociedad y conforme con sus Estatutos, la mayor parte de estos trabajos se insertan en el presente Boletín.

Para asegurar una asistencia mayor de socios, quedó establecido que las sesiones se verifiquen el primer viernes de cada mes, en lugar del día primero, como había sido anteriormente la costumbre. Por la galante hospitalidad del Director del Instituto Geológico, la Sociedad Geológica seguirá domiciliada en el edificio de dicho Instituto: 5.ª del Ciprés 2,728, México, D. F.

ESTATUTOS

A petición de varios miembros de la Sociedad, se aprobó en la Asamblea General una adición importante al artículo VI de los Estatutos, por la que se previene: que los nuevos socios que ingresen á la Sociedad, deberán pagar la cuota completa del año, cualquiera que sea la fecha de su admisión como miembros.

Los estatutos que rigen á la Sociedad son como sigue:

ESTATUTOS DE LA SOCIEDAD GEOLÓGICA MEXICANA

Art. I. La Sociedad se denomina «Sociedad Geológica Mexicana,» y tendrá su domicilio en la Ciudad de México.

Art. II. Tiene por objeto: cultivar y propagar el estudio de la Geología y ciencias anexas; contribuir al adelanto de la Geología en general, y dar á conocer el suelo de México, tanto en sí mismo, como en sus relaciones con la minería, la agricultura y otras artes industriales.

Art. III. La Sociedad se compone de miembros activos y miembros protectores, cuyo número es limitado; los nacionales y los extranjeros pueden igualmente ser miembros de la Sociedad.

Art. IV. Para ser miembro de la Sociedad, basta ser postulado en una sesión por dos de sus miembros, admitido por ella, y proclamado por el Presidente en la siguiente sesión.

Art. V. Los miembros protectores pueden ser individuos ó corporaciones científicas ó industriales.

Art. VI. Los miembros activos pagarán una cuota anual de doce pesos ($12.00 cs.). Los miembros protectores no tienen cuota fija; pero nunca será menor que la asignada á los miembros activos.

Los nuevos miembros, activos ó protectores, pagarán su cuota anual completa desde el primer año, cualquiera que sea la fecha de su inscripción.

Art. VII. Todos los miembros, ya sean activos ó protectores, podrán asistir á las sesiones; tienen en ellas voz y voto y derecho de consultar la biblioteca, sujetándose á las disposiciones especiales, y recibirán gratuitamente las publicaciones de la Sociedad.

Art. VIII. Todo miembro que durante tres años deje de pagar su cuota, se considerará excluido de la Sociedad, previas una excitativa para hacer el pago de lo que adeude, y una notificación de haberse acordado la exclusión.

Art. IX. La Sociedad tendrá una Junta Directiva, formada de

Un Presidente,	Un Vicepresidente,
Un Secretario,	Un Prosecretario y Bibliotecario,
Un Tesorero,	Y cuatro vocales.

Art. X. Todos los miembros de la Junta serán elegidos alternadamente para durar en su encargo por dos años. Un año serán elegidos: el Presidente, el Secretario, el Tesorero y los Vocales primero y tercero; y en el siguiente año se elegirán: el Vicepresidente, el Prosecretario y los Vocales segundo y cuarto.

Art. XI. Los miembros de la Junta Directiva deberán estar radicados en la ciudad de México, y serán elegidos por mayoría relativa de votos en la Asamblea General anual, tanto por los socios presentes, como por los ausentes; éstos por medio de cédulas mandadas por correo.

Art. XII. El Tesorero presentará en la Asamblea anual, una cuenta del movimiento de fondos habido durante el año.

Art. XIII. La Sociedad publicará un Boletín que se distribuirá gratuitamente á los miembros de la Sociedad, como se dijo en el artículo VII, y será canjeado por las publicaciones similares. Los nuevos socios podrán recibir los números atrasados del Boletín al precio de costo, y se venderán al público al menor precio posible.

Art. XIV. En el Boletín se publicarán los trabajos presentados por los miembros, y los de personas extrañas á la Sociedad, cuando estos trabajos sean de positiva utilidad.

Art. XV. La Junta Directiva decidirá la impresión de los trabajos, dejando á cada autor la responsabilidad absoluta de sus ideas.

Art. XVI. Serán Socios protectores por vida, los individuos ó corporaciones que paguen $200.00 cts. por una sola vez como mínimum; y socios activos por vida, los que paguen $100.00 cts. por una sola vez como mínimum.

Art. XVII. Los socios contraen la obligación de presentar un trabajo para su lectura en sesión ordinaria, por lo menos cada tres años.

Art. XVIII. Los socios se reunirán en sesión ordinaria una vez al mes, en la ciudad de México, y una vez al año en sesión extraordinaria ó Asamblea General, en la misma ciudad de México, ó en alguna otra ciudad del país, previa designación hecha por la Junta, verificándose también, á la vez, una ó varias excursiones geológicas.

Art. XIX. Los socios deberán pagar sus cuotas por años adelantados, al principio de cada año civil, sin que sea necesario que con anterioridad se les mande el recibo correspondiente, el cual recibirán como contestación al envío de sus cuotas.

En la misma Asamblea General del año de 1905, se hizo la elección de los miembros del Consejo que prescriben los estatutos de la Sociedad conforme al art. X, resultando electos para durar en su encargo dos años, los socios siguientes:

Vicepresidente.—Sr. Ing. D. Joaquín M. Ramos.

Prosecretario y Bibliotecario.—Sr. Rafael Aguilar y Santillán.

2.° Vocal.—Sr. Lic. Agustín M. Lazo.

4.° Vocal.—Sr. Ing. Maximino Alcalá.

Durante el año de 1905 han ingresado á la Sociedad 9 miembros protectores y 19 miembros activos.

Tenemos que deplorar la sensible pérdida de tres socios: Ing. Blas Escontría, D. Trinidad García é Ing. Baltasar Muñoz.

He aquí la lista completa de socios:

Lista de miembros de la Sociedad Geológica Mexicana, hasta el 31 de Diciembre de 1905.

SOCIOS PROTECTORES POR VIDA:

Dingwal W. B. A. Matehuala, San Luis Potosí.
Landero Carlos F. de, Ingeniero de Minas. Pachuca, Hidalgo.
Mexican Light and Power Co. San José el Real. México, D. F.
Compañía Minera de Santa Gertrudis y Guadalupe, S. A. Ap. 1. Pachuca, Hidalgo.

SOCIOS PROTECTORES:

Mancera Gabriel, Presidente del Ferrocarril de Hidalgo. Cordobanes 15. México, D. F.
Orozco Pablo. Cantarranas 5. Guanajuato.
Pearson and Son Ltd. Puente de Alvarado 15. México, D. F.
Compañía Minera «La Constancia,» «Negociación Esmeralda» de Sierra Mojada, Coah.
Compañía Minera «El Zopilote y Anexas.» Santiago Ixcuintla, Tepic.

SOCIOS ACTIVOS POR VIDA:

Brittingham Juan F. Ciudad Gómez Palacio, Durango.

SOCIOS ACTIVOS:

Aguilar Angel. Teziutlán, Puebla.
Aguilar Ponciano, Ingeniero de Minas. Estrella 1 y 2. Guanajuato.

Aguilar y Santillán R., Secretario y Bibliotecario del Instituto Geológico Nacional. 5.ª del Ciprés 2,728. México, D. F.

Aguilera José G., Director del Instituto Geológico Nacional. 5ª del Ciprés 2,728. México, D. F.

Alcalá Maximino, Ingeniero Inspector de Minas. 4.ª de la Magnolia 38. México, D. F.

Aldasoro Andrés, Ingeniero de Minas, Subsecretario de Fomento. Balderas 1,026. México, D. F.

Alvarez y Zubiría Luis, Ingeniero de Minas. 6.ª de Hernández 51. Durango.

Amador Manuel G., Ingeniero. Calle de San José, Zacatecas.

Anderson Roberto Hay, Ingeniero de Minas. 1.ª de la Independencia 9. México, D. F.

Angerman Ernesto, Doctor en ciencias. México, D. F.

Aragón Agustín, Ingeniero Geógrafo. 5.ª del Pino 2,737. México, D. F.

Aranda Manuel G. Negociación de Angustias, Mineral de Pozos. Guanajuato.

Arellano Salvador, Ingeniero de Minas. Ap. 45. Chihuahua.

Arreola Vicente H. Calle de Aldama 1,206. Chihuahua.

Arriola José María, Presbítero. Seminario de Guadalajara, Jal.

Balarezo Manuel, Ingeniero de Minas. Negociación de Santa Brígida. Pozos, Gto.

Bárcena Eduardo. Puebla.

Barroeta Gregorio, Doctor. Ap. 177. San Luis Potosí.

Bishop Alfredo, Ingeniero de Minas. Ap. 54. Pachuca, Hgo.

Beyer Adolfo. Ap. 74. Parral, Chih.

Böse Emilio, Geólogo en jefe del Instituto Geológico Nacional. 5.ª del Ciprés 2,728. México, D. F.

Body John Benjamín, Ingeniero. Pte. de Alvarado 15. México, D. F.

Burchard B. P. Ap. 257. Monterrey, N. L.

Burckhardt Carlos, Geólogo en jefe del Instituto Geológico Nacional. 5.ª del Ciprés 2,728. México, D. F.

Bustamante Miguel, Ingeniero de Minas, Profesor de Mineralogía y Geología de la Escuela Nacional de Ingenieros. México, D. F.

Byron Hall. Ibarra Gold Mining. Co. Calamahí, Baja Cal.

Caballero Gustavo de J., S. J. 2.ª Ribera de San Cosme 17. México, D. F.

CABAÑAS Lamberto, Ingeniero. Zaragoza 80. Tepic.

CAMPA José, Ingeniero. Pulquería de Celaya 11. México, D. F.

CAPILLA Alberto, Ingeniero de Minas. 2.ª del Tulipán 1,224. México, D. F.

CASTAÑOS Gabriel, Ingeniero. San Francisco 9. Guadalajara, Jal.

CARRANCO Alberto, Ingeniero de Minas. Camacho, Zac.

CASTELAZO Rodrigo. Sopeña 13. Guanajuato.

CASTELLANOS Aniceto, Presbítero. Seminario Conciliar, Colima.

CEPEDA Reginaldo. Ap. 98. Torreón, Coah.

CÓRDOBA Luis G., Ingeniero. Calle del Instituto 45. Zacatecas.

CUEVAS Luis G., Ingeniero. Lado Sur, Calle de la Alameda 2. San Luis Potosí.

ÇHISM Ricardo, Abogado é Ingeniero de Minas. Colonos 9. Tacubaya, D. F.

DAVIS Britton. El Paso, Tex. E. U. A.

DÍAZ Severo, Presbítero. Seminario Mayor. Guadalajara, Jal.

DIEFFENBACH H. M. Ap. 793. México, D. F.

DOUGLAS Teodoro. Cocorit, Son.

DOERR Alberto. Manager «Aguascalientes Metal Co.» Asientos, Aguascalientes.

ESPEJO Pedro, Ingeniero de Minas. Avenida Hidalgo 34. Oaxaca.

ESPINOSA LUIS, Ingeniero de Minas, Director General de Obras Públicas. México, D. F.

ESPINOSA Luis C. Calle de los Gallos 33. Zacatecas.

FERNÁNDEZ GUERRA Manuel, Ingeniero. Miguel Negrete 23. Mixcoac, D. F.

FERNÁNDEZ Abraham L. Calle de Bolívar 10. Monterrey, N. L.

FLEURY Juan de D., Ingeniero Inspector de Minas. 6.ª del Ciprés 2,922. México, D. F.

FLORES ALATORRE Rafael, Ingeniero de Minas. 5.ª de Hidalgo 35. Pachuca, Hgo.

FLORES Teodoro, Geólogo del Instituto Geológico Nacional. 5.ª del Ciprés 2,728. México, D. F.

GAMEROS Manuel, Ingeniero de Minas. Libertad 605. Chihuahua.

GARCÍA PEÑA Angel, General Brigadier, Director de la Comisión Geográfica-Exploradora. Jalapa, Ver.

GARDUÑO Jesús, Ingeniero. Aguascalientes.

GARZA ALDAPE J. M., Ingeniero. Torreón, Coah.

GIRAULT Edmundo, Ingeniero de Minas. Director de la Negociación de San Rafael. Avenida Prim 1,426. México, D. F.

GONZÁLEZ Natividad, Ingeniero. Olas Altas y Díaz Covarrubias 72. Mazatlán, Sin.

GLENNIE Enrique. Plazuela del Baratillo 1. Guanajuato.

GUERRERO Hilario, Ingeniero de Minas. Oficina Federal de Ensaye. Aguascalientes.

GUTIÉRREZ Domingo, Ingeniero de Minas. Calle Sur 36, núm. 38. México, D. F.

HALL C. E. 3.ª de la Independencia 10. México, D. F.

HARO José C., Ingeniero de Minas. Calle Sur 40, núm. 438. México, D. F.

HERNÁNDEZ Marcos F., Ingeniero. Altos del Banco Mercantil de Monterrey. Monterrey, N. L.

HERRERA Trinidad. Puerta Falsa de San Andrés 9. México, D. F.

HÍJAR Jerónimo, Ingeniero de Minas. Dirección de Obras Públicas. México, D. F.

HÍJAR Reynaldo. Durango.

ITURBE Juan. Ap. 151. Guanaceví, Dgo.

JAIME Alberto C. Calle de Hidalgo 97. Sombrerete, Zac.

KAYSER Roberto, Ingeniero de Minas. «The Tezuitlán Copper Co.,» Mina «La Aurora.» Teziutlán, Pue.

KELLER Cornelius. Ap. 134. Parral, Chih.

KIRBY Thomas, Ingeniero. Denver, Colo. E. U. A.

KOCK Edgar. Ap. 64. Parral. Chih.

LAGUERENNE Teodoro, Ingeniero de Minas. 5.ª de Alzate 1. México, D. F.

LAZO Agustín M., Abogado. Donceles 27. México, D. F.

LOZANO Mariano, Arquitecto. Avenida Chapultepec 8. México, D. F.

MADERO Emilio. San Pedro, Coah.

MUÑOZ Rodolfo, Ingeniero de Minas. 2.ª de Bravo 10. Pachuca, Hgo.

NAVARRO Daniel V., Ingeniero de Minas. Parroquia 21. Guadalajara, Jal.

NEVIUS J. Nelson, Ingeniero de Minas. Ap. 85. Hermosillo, Son.

NIVEN William. México, D. F.

NOVARO Augusto. Club Americano. Parral, Chih.

OBREGÓN M. San Luis Potosí.

ORDÓÑEZ Ezequiel, Subdirector del Instituto Geológico Nacional. 5.ª del Ciprés 2,728. México, D. F.

ORTIZ EGUILUZ José, Ingeniero. La Paz, Baja Cal.

ORTIZ RUBIO Pascual, Ingeniero. 4.ª de Aldama 13. Morelia, Mich.

PALACIOS José G., Ensayador de Metales. Doctor Mier 95. Monterrey, N. L.

PARKER Carlos. Mapimí, Dgo.

PARRES Joaquín. Plaza Mayor 16. Guanajuato.

PEÑA Marcelo, Ingeniero Inspector de Minas. Secretaría de Fomento. México, D. F.

PERAGALLO Oreste. Hotel Zaragoza. Monterrey, N. L.

PÉREZ Luis Ciudad Romero Rubio, Coah.

PINSON Emilio, Ingeniero. Director Gerente de la Compañía de las Fuerzas Hidro-Eléctricas de San Ildefonso. México, D. F.

POSADA Julio, Ingeniero de Minas. Chihuahua.

PRADO Y TAPIA Francisco, Ingeniero. Cordobanes 3. México, D. F.

PREUSE C., Ingeniero. Tlalpujahua, Mich.

PUENTE Cesáreo, Ingeniero de Minas. Pánuco, Sin.

QUEVEDO Miguel, Ingeniero Civil. Calle del Eliseo 29. México, D. F.

RAMÍREZ Simeón. Secretaría de Fomento. México, D. F.

RAMOS Joaquín M., Ingeniero de Minas. Subjefe de la Sección de Minas del Ministerio de Fomento. Tacuba, D. F.

RANGEL Manuel, Ingeniero de Minas. Oficina General de Ensaye. Durango.

REAL ALFARO Manuel del. Hotel París. Durango.

REYNOSO José J., Ingeniero de Minas. Ap. 728. México, D. F.

ROBLES Ramiro, Geólogo del Instituto Geológico Nacional. 5.ª del Ciprés 2,728. México, D. F.

RODRÍGUEZ VARELA Francisco, Ingeniero de Minas. Mazapil, Zac.

ROEL Faustino, Químico del Instituto Geológico Nacional. 5.ª del Ciprés 2,728. México, D. F.

ROMERO Carlos, Ingeniero de Minas. Sopeña 45. Guanajuato.

ROSA Luis de la, Ingeniero. Paseo de la Reforma 288. México, D. F.

RULFO C., Ingeniero de Minas. Calle de la Encarnación 6. México, D. F.

SAMANIEGO URIEL J. de, Ingeniero. Profesor de Mineralogía del Instituto de Querétaro. Qro.

SARTORIUS Florentino. El Mirador. Huatusco, Ver.

SCHULZ Enrique. Escuela Normal de Profesores. México, D. F.

SELLERIER Carlos, Ingeniero Inspector de Minas. 3.ª del Fresno 2,534. México, D. F.

SERVÍN L. Roberto, Ingeniero Inspector de Minas. Bucareli 1,644. México, D. F.

SIMENTAL Celestino, Ingeniero de Minas. 2.ª del Coliseo 31. Durango.

SISTERMANS Francisco, Ingeniero de Minas. 3.ª de San Diego 7. Aguascalientes.

STHALKNECHT Emilio. «Guggenheim Exploration Co.» Jiménez, Chih.

THURSTON E. C. 604 Montgomery st. San Francisco Cal., E. U. A.

TREVIÑO ARREOLA Porfirio. Iturbide 24½. Monterrey, N. L.

TRUAX Sewal, Ingeniero. México, D. F.

URIARTE Manuel, Ingeniero de Minas. Empedradillo 9. México, D. F.

VALLE Felipe, Ingeniero Geógrafo. Director del Observatorio Astronómico Nacional. Tacubaya, D. F.

VÉLEZ J. M. Cadena 12. México, D. F.

VIGIER Víctor de, Doctor, Ayudante de Química del Instituto Geológico Nacional. 5.ª del Ciprés 2,728. México, D. F.

VILLADA Manuel M., Profesor de Mineralogía y Geología del Museo Nacional. México, D. F.

VILLAFAÑA Andrés, Ayudante de Geólogo del Instituto Geológico Nacional. 5.ª del Ciprés 2,728. México, D. F.

VILLARELLO Juan D., Geólogo en jefe del Instituto Geológico Nacional. 5.ª del Ciprés 2,728. México, D. F.

VOGEL Félix. 25 Broadst. New York, E. U. A.

WAITZ Pablo, Geólogo del Instituto Geológico Nacional. 5.ª del Ciprés 2,728. México, D. F.

WEISEL Juan. Ap. 64. Parral, Chih.

WILDING James. Ap. 134. Parral, Chih.

WOODROW J. Mapimí, Dgo.

YEANDLE William H., Director de la Mina «El Banco.» San Pedro Nolasco, Distrito de Ixtlán, Oax.

ZÁRATE Francisco de P., Ingeniero de Minas. Morena 1,705. Tacubaya, D. F.

CANJE.

La Sociedad acordó solicitar el canje de su Boletín con las publicaciones de Sociedades Geológicas y otras instituciones similares del país y del extranjero. Al efecto fué distribuido un cierto número de ejemplares del Tomo I del Boletín de la Sociedad, y han comenzado á llegar avisos de aceptación de canje y diversas publicaciones que forman el cimiento de la Biblioteca de la Sociedad.

Esperamos dar á fines del presente año, una lista importante de las publicaciones recibidas en canje, añadiendo el contingente de nuevas adhesiones.

REUNION EXTRAORDINARIA

La sesión extraordinaria de la Sociedad se verificó el día 2 de Diciembre de 1905, y tuvo por objeto la visita á los límites de la cuenca de México en la región de las obras del Desagüe del Valle de México. Se visitaron igualmente, el tajo y el valle de Tequixquiac, para hacer observaciones acerca de los antiguos canales de desagüe de la cuenca.

Concurrieron á la excursión, 21 miembros de la Sociedad, y fueron galantemente obsequiados por el Señor Subsecretario de Comunicaciones y Obras Públicas, y por el personal de la Sección del Desagüe del Valle de México, de la Comisión Hidrográfica, poniendo á disposición de los socios un tren especial que los condujo de Tequixquiac

á la ciudad de México. Hacemos público nuestro agradecimiento á aquellas personas, así como al Señor Presidente del Ferrocarril de Hidalgo, quien facilitó un carro de primera clase, y el tránsito por su vía, de la Estación de Gran Canal á la ciudad de México.

El estudio geológico que sirvió de guía en la excursión, se publica al fin de este tomo.

En vista del retardo que sufrió la publicación del Tomo I del Boletín, por causas ajenas á la Sociedad, el Consejo acordó la publicación del Tomo II en un solo volumen, en lugar de dos partes, cada seis meses. Así, pues, el presente volumen contiene las contribuciones presentadas á la Sociedad durante el año de 1905.

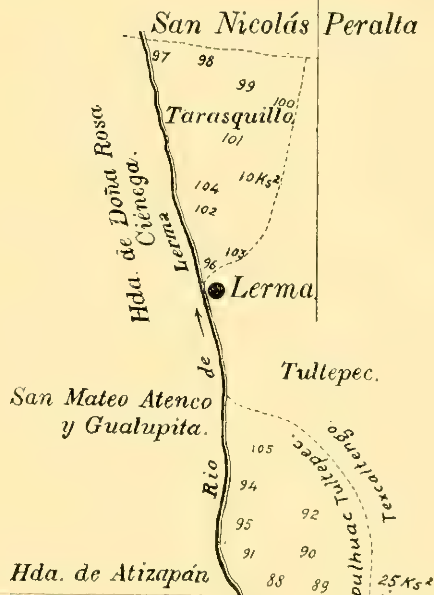
México, Enero de 1906.

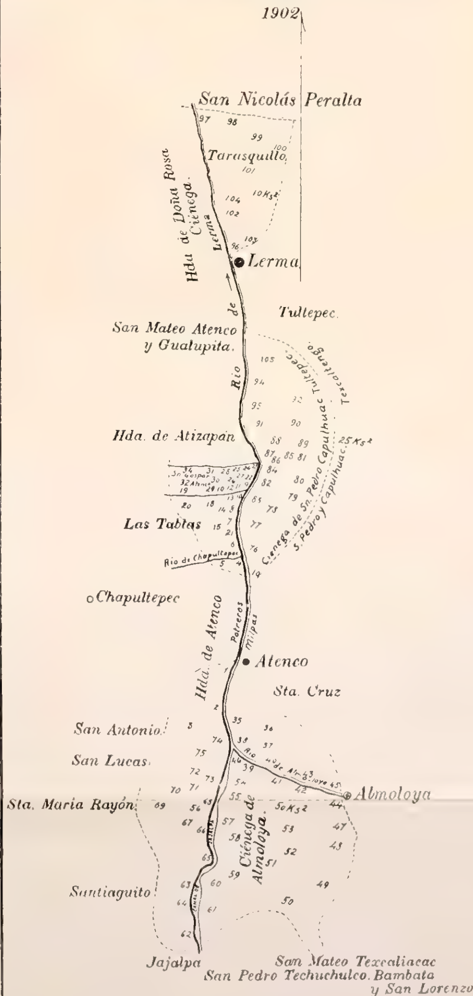
Ezequiel Ordóñez,
Secretario.

CROQUIS DE LOS SONDEOS EN LAS LAGUNAS DE ALMOLOYA Y LERMA EN EL VALLE DE TOLUCA.

E. DE MEXICO.

1902.




CROQUIS DE LOS SONDEOS EN LAS LAGUNAS
DE ALMOLOYA Y LERMA
EN EL VALLE DE TOLUCA.
E. DE MEXICO.
1902
San Nicolás Peralta
Tarasquillo
Hda de Doña Rosa
Ciénega
Lerma
Rio de Lerma
Tultepec.
San Mateo Atenco
y Gualupita.
Texcaltengo
Ciénega de Sn. Pedro Tultepec
S. Pedro y Capulhuac
Hda. de Atizapan
Las Tablas
Rio de Chapultepec
Chapultepec
Hda. de Atenco
Potreros
Milpas
Atenco
Sta. Cruz
San Antonio.
San Lucas.
Rio de Almoloya
Almoloya
Sta. Maria Rayón
Ciénega de Almoloya.
Santiaguito
Jajalpa
San Mateo Texcaliacac
San Pedro Techuchulco. Bambata
y San Lorenzo
Escala 1:80,000

SONDEOS EN LAS LAGUNAS O CIÉNEGAS DE ALMOLOYA Y LERMA,

del Valle de Toluca, Estado de México, en investigación de turba,

por el Ingeniero de Minas Maximino Alcalá.

El problema del combustible en México, afecta tan vitalmente nuestra industria en general, la calefacción doméstica, y, en una palabra, el desarrollo y la explotación de las riquezas de nuestro suelo y nuestro progreso consiguiente, que es natural atraiga la atención de todos, cualquiera proposición que se haga para la explotación de criaderos de combustibles, sean éstos de carbón, petróleo, turba, etc., etc. Por lo mismo, creo que á esta ilustrada Sociedad, pueda interesar la siguiente relación, sobre sondeos que practiqué en las Lagunas ó, más bien dicho, en las Ciénegas de Almoloya y de Lerma, en el Valle de Toluca, Estado de México, tratando de reconocer los yacimientos de turba, que para su explotación se ofrecían á algunos capitalistas.

Las Ciénegas del Valle de Lerma, ó de Toluca, en los terrenos en que se practicaron los sondeos, se dividen en las tres porciones siguientes, según se ve en el croquis adjunto.

I.—Región del Sur ó de la Laguna de Almoloya.

Se extiende al Sur de la Hacienda de Atenco, y se encuentra limitada: al E., por tierras de los pueblos de Santa Cruz, Almoloya, Rambata, embarcadero de la Hacienda de Las Prietas y pueblo de San Lorenzo; al Sur, por tierras de San Mateo Texcaliacac, San Pedro Techuchulco y Jajalpa; al W., por las de los pueblos, Santiaguito, Santa María Rayón, San Lucas y San Antonio de la Isla; y al N., por tierras de la Hacienda de Atenco. Su superficie es aproximadamente de 50 kilómetros cuadrados.

II.—Región Central. En el Lago ó Ciénaga de Lerma.

Separada de la anterior por una parte del Río de Almoloya, que carece de Ciénaga, que es la comprendida entre la finca de Atenco, hasta casi la junta con el pequeño Río de Chapultepec. Está limitada al W., por la Hacienda de Atenco y la de Atizapán; al N. se continúa la propia Ciénaga de Lerma, y tierras de Tultepec; al E., por tierras de los pueblos Texcaltengo, San Pedro y Calpulhuac, y al Sur, por la Hacienda de Atenco y tierras del mismo pueblo de San Pedro Tlaltizapán. La superficie de esta Ciénaga apenas llegará á 25 kilómetros cuadrados.

III.—Región del Norte ó de Tarasquillo.

Está limitada al W. por tierras de la Hacienda de Doña Rosa; al N., por la de San Nicolás Peralta; al E., por tierras de Ameyalco y Tarasquillo, y al Sur, por las de

Lerma. Su superficie aproximada es de 10 kilómetros cuadrados.

En resumen, la superficie total de la Ciénaga donde se practicaron los sondeos, es de unos 85 kilómetros cuadrados.

En este total están incluidas grandes porciones ocupadas por aguas sin vegetación, y que en la localidad se llaman «aguas blancas,» en donde, por lo mismo, sería ocioso buscar turba; esto se ve principalmente en la Laguna de Almoyola. Por esta razón, y teniendo, además, en cuenta, que otra buena parte de tierras que en la actualidad parecen formar Ciénaga, no son en realidad sino potreros eventualmente sumergidos en la época de lluvias, resultaría que la cifra anterior tendría que reducirse considerablemente, y en resumen, creo que racionalmente no se deberían haber emprendido trabajos de sondeo, sino en 40 ó 45 kilómetros cuadrados, según el conocimiento posterior que se tuvo de las condiciones de la localidad.

El Valle de Lerma ó de Toluca, una parte del cual está ocupada por las Ciénagas que forma el Río de Lerma, que en su nacimiento se llama Río de Almoloya, es un valle de erosión, formado á expensas de la destrucción de las Sierras que lo rodean, y son: al E., la Sierra de las Cruces; al Sur, las de San Mateo y Tenango, y la del Nevado de Toluca al W. Los productos de la destrucción de estas Serranías en la vertiente del lado de las Ciénagas, son arrastrados por los vientos; y principalmente por las aguas,

y se depositan en el Valle y Ciénagas, que forman un gran vaso cerrado por todas partes, con excepción del NW., por donde sale el Río de Lerma. Especialmente la Ciénaga de Almoloya toca al E. la Sierra de las Cruces, la cual comienza en el nacimiento del Río de Almoloya. Por esta razón, el fondo de las Ciénagas es más ó menos fangoso y cargado de azolve.

Nivel del agua en las Ciénagas.

El nivel del agua en las Ciénegas es variable con la estación; en la de las lluvias, sube 0.^{m}50, ó 0.^{m}60, respecto del que tiene en las secas. Entre Lerma y San Nicolás Peralta, hay una diferencia de nivel hasta de un metro en la temporada de aguas. Probablemente se debe esto á que el Río de Lerma no tiene salida suficiente por la mojonera de San Nicolás, y se represan las aguas.

Este cambio de nivel afecta considerable porción de tierras; pues siendo el Valle de Lerma muy plano, una considerable extensión, que en la época de secas han emergido de las aguas, y son verdaderos potreros donde pastan los ganados, son cubiertas por las aguas en la estación de lluvias, y aparentemente aumenta la superficie de la Ciénaga. Entonces se desarrolla en ellas y en la Ciénaga permanente, una vegetación acuática, ó más bien dicho, semi–acuática de plantas terrestres, que han invadido el dominio de las aguas, y formada esencialmente por las diversas variedades de la planta llamada vulgarmente «*tule*,» todas ellas del género *Cyperum*.

La vegetación netamente acuática es muy escasa en proporción. En el invierno se seca esta vegetación semi-acuática, y á los tulares secos se prende fuego en el mes de Abril.

Para formarse una idea de la influencia de un aumento de nivel de 0.m 60 en la Ciénaga, respecto á la extensión de tierras cubiertas, basta considerar que en la Hacienda de Atenco se hicieron 34 sondeos (en el mes de Octubre, es decir, cuando apenas habían terminado las aguas) y de ellos 18 tienen un lecho menor de 0.m 60. Es decir, que más de la mitad de lo que hoy parece Ciénaga, no son más que potreros cubiertos eventualmente de agua, y así se verifica en realidad. En estos potreros, naturalmente no habría que esperar encontrar turba.

Tembladeras.

En estas Ciénagas entran dos clases de terrenos: terreno más ó menos firme y terreno movedizo; llamado en algunas partes, capas, cintas, planchas, y más generalmente, «tembladeras.» Estas están formadas por una capa flotante, más ó menos gruesa, de plantas herbáceas, separada del verdadero fondo por una capa de agua, de espesor variable. Su formación se explica por el agrupamiento de plantas semi-acuáticas, llamadas en la localidad, lentejilla, tamborcillo, yerba del Chino, etc., etc., cuyas raíces miden á veces más de un metro de longitud, las cuales se subdividen en una infinidad de raicecillas secundarias, todas las cuales absorben un enorme volumen de agua. En ellas se fijan los pequeños *detritus* arrastrados por las aguas, y

superficialmente recogen los polvos arrastrados por los vientos. Van así consolidándose más y más desde una delgada película sin consistencia, hasta adquirir la suficiente resistencia para que otras plantas se desarrollen sobre ellas. Se forma de esta manera una capa herbácea flotante, cuyo espesor depende de la longitud de las raíces.

Desde Elie de Beaumont ha quedado perfectamente bien definida la formación de las tembladeras y la naturaleza de la vegetación, que se desarrolla en ellas. Desde entonces se sabe que en el seno del agua de las Ciénagas es en donde se desarrolla la vegetación acuática, propia para la formación de la turba, y que en las tembladeras solamente se desarrolla, ó vegetación netamente terrestre, ó semi-acuática, de capacidad productora de turba muy inferior á la de las plantas acuáticas.

Las tembladeras ó planchas son mucho más abundantes en las aguas profundas que en las delgadas, y así se explica, sean más numerosas en la Ciénaga de Almoloya, cuyas aguas en general son profundas; pues se comprende que si la capa de agua que las separa del fondo es delgada, el desarrollo progresivo de la tembladera en espesor acabaría por soldarla con el piso. Por otra parte, los lugares bajos son frecuentados por los ganados, y éste acelera más su consolidación. Las tembladeras adquieren alguna resistencia para permitir que un hombre camine sobre ellas, aunque hundiéndose á cada paso; pero no resistirían el peso del ganado.

V

Las rocas de las Sierras que circunscriben la Ciénaga de Lerma, son andesíticas y basálticas. Su descomposición produce, entre otros materiales, arcillas y tierras arcillosas que se encuentran en el fondo de la Laguna. En el sondeo se revela una base formada de arenas gruesas, y sobre ésta, por grados, se llega á arenas finas, arcillas azules, y en fin, una capa de tierras ricas, aunque no siempre, de productos vegetales, en estado de descomposición y de color negro muy obscuro y cubiertas por algún fango.

La temperatura media anual, sin conocerla con exactitud, es alrededor de 12° C., según los datos que he podido adquirir. La altura barométrica es, próximamente, 2,565 metros sobre el nivel del mar. La vegetación dominante, casi exclusiva, son las diversas variedades de las *cyperáceas;* por accidente, y en lugares circunscritos, aparecen algunos ejemplares de otras plantas semi-acuáticas y de plantas terrestres, como la grama, gramilla, etc., con frecuencia; pero el carácter general de la vegetación es de plantas semi-acuáticas; los tulares, según he manifestado.

La profundidad del agua es variable. Los sondeos practicados hace algunos años en la Laguna de Almoloya, al hacerse el estudio para el abastecimiento de agua de esta Capital, revelaron profundidades, hasta de 12 metros; en lo general las profundidades varían entre 3 y 4 metros y son frecuentes las tembladeras y también las «aguas blancas,» es decir, grandes extensiones donde las aguas forman

verdaderos lagos sin vegetación. En el Lago de Lerma, la profundidad rara vez pasa de 2 metros; son escasas las tembladeras y poco frecuentes las «aguas blancas.»

Los manantiales de Almoloya, origen de las Ciénagas, dan aguas bastante límpidas, que en la estación de lluvias se ponen algo turbias por los *detritus,* que provienen de las Sierras de los alrededores.

¿Dadas las condiciones generales enumeradas, era de presumirse la existencia de grandes yacimientos de turba? De ninguna manera.

La turba, para acumularse en grandes yacimientos, reclama, además del transcurso del tiempo, ciertas condiciones físicas, como son una temperatura moderada, siendo la más favorable, la comprendida entre 6° y 8° C., limpidez de las aguas y un piso donde no se deposite ningún fango. Esto, por una parte, implica que esté formado de arenas, ó gravas, ó que sea granítico, ó cretáceo, y por otra parte, que no vayan á descargar en las turberas los productos de la destrucción de las Sierras. Solamente estas condiciones físicas favorecen el desarrollo de los musgos, que son por excelencia las plantas productoras de la turba. En todo caso, la vegetación, que ha dado origen á los grandes depósitos de turba de plantas acuáticas que deben gozar de la propiedad de desarrollarse incesantemente por su extremidad superior, expuesta al aire libre, en tanto que su extremo inferior, sumergido en el agua, muere sucesivamente y sus

fragmentos desprendidos de la parte viva se acumulan en el fondo, donde paulatinamente se transforman en turba.

En las Ciénagas de Lerma y de Almoloya, las condiciones de temperatura y limpidez de las aguas, se encuentran poco más ó menos realizadas; pero presentan los grandes defectos de vegetación y piso inadecuados y proximidad inmediata á las Serranías, sobre todo á la de las Cruces.

No se encuentra vegetación acuática propiamente dicha, sino que es ó terrestre ó semi-acuática de desarrollo lento y raquítico, que periódicamente, en los inviernos, se encuentra interrumpida, para comenzar de nuevo en la estación de lluvias, ó más bien en la primavera. El piso es un poco arcilloso y fangoso y tiene el gran inconveniente de su proximidad inmediata á las Sierras, especialmente á la de las Cruces. Los productos de su erosión descárganse todos en las Ciénagas, pues no tienen otra salida, y así es como, por una parte, una vegetación impropia y pobre, y de vida y desarrollo efímeros, juntamente con el constante azolve producido por la erosión de las Sierras, no puede producir, sino es una capa delgada de turba de clase muy baja, que no puede utilizarse como combustible.

No pretendo que no se haya formado anteriormente, y que no se esté formando en la actualidad alguna cantidad de turba en el sentido lato de la palabra. Toda materia vegetal, cuya descomposición se efectúe lentamente y al abrigo del agua, se transforma en turba, pero me refiero aquí á las condiciones en que se ha verificado ese depósito, es decir, á su cantidad, su calidad, limpieza y facilidad de explotación; en una palabra, á la turba en el sentido indus-

trial de la palabra, es decir, susceptible de explotación y utilizable con provecho.

La transformación de los vegetales al abrigo del agua en turba, se efectúa con pérdida de hidrógeno y especialmente del oxígeno contenido en la materia vegetal y enriquecimiento correspondiente de carbono, todo el cual sigue subsistiendo en el nuevo producto, salvo la pequeñísima cantidad que ha entrado en combustión con el oxígeno libre contenido en el agua y perdido bajo la forma de ácido carbónico. Se obtiene así la turba, que es un combustible intermedio entre la leña y el carbón pardo ó lignita.

Tomando, por ejemplo, la composición del *sphagnum*, que, como hemos dicho, es el musgo, que ha producido las más grandes turberas conocidas, que son las de Irlanda, su transformación en turba está expresada en el siguiente cuadro, en que se señala también la composición de la madera, para que se vea su identidad práctica con la composición del musgo:

	Carbono.	Hidrógeno.	Oxígeno.	Azoe.	Suma.
Madera	49.66°/₀	6.21°/₀	43.03°/₀	1.10°/₀	100.00
Spagnum.............	49,88	6.54	42.42	1.16	100.00
Turba del sphagnum...	59.50	5.50	33.00	2.00	100.00

El poder calorífico de la turba, teniendo en cuenta su composición química, es igual á 5,350 calorías, siendo 8,000 el de la hulla; es decir, que en poder calorífico, una tonelada de turba es equivalente á más de la mitad de la hulla; pero hay que tener en consideración que la turba, que se entrega al comercio, no es la turba químicamente pura, y, además, nunca está enteramente seca; pues después de estar ex-

puesta al aire libre para su desecación durante años enteros, siempre retiene un 30.00% de su peso en agua, de la cual no es posible sustraerla, sino es á una fuerte temperatura, que no debe llegar á 109° C., temperatura á que comienza á destilar. Teniendo en cuenta esta consideración, se encuentra que el poder calorífico real ó práctico, de la turba comercial, se reduce solamente á 3,750 calorías, perdiéndose una gran parte del calórico en la elevación de temperatura del vapor de agua que se desprende. Naturalmente, en el comercio nunca se trata de llevar á este grado la desecación de la turba.

La transformación de los vegetales en turba es progresiva. Arriba viene la capa de turba más reciente, que se llama turba blanca ó filamentosa, en la cual se pueden descubrir, á la simple vista, los filamentos vegetales; en medio está la turba foliácea ó parda, en la cual no se reconocen á la simple vista los tejidos vegetales; pero sí se distinguen las especies de que provienen, y es más compacta que la turba blanca y de mejor clase; en fin, abajo viene la turba negra ó compacta en que no se distinguen á la simple vista las especies vegetales de que proviene; es la mejor clase de las tres.

Los análisis de estas tres clases de turba, ha dado los resultados siguientes:

	Carbón.	Hidrógeno.	Oxígeno.	Azoe.	Cenizas.
Turba de la superficie.	57.75%	5.43%	36.06%	0.80%	2.78%
Turba á 2m50 de profundidad	62.02	5.21	30.67	2.10	7.42
Turba á 4m50 de profundidad	64.07	5.01	26.87	4.05	9.16

La composición de algunos carbonos, es la siguiente:

Carbón pardo de Wittemberg	64.07	5.03	27.55	....	3.35
Carbón pardo de Bovey	66.31	5.63	22.86	0.57	2.27
Antracita de Pensilvania. ..	90.45	2.43	2.45	....	4.67
Antracita de Pensilvania. ...	92.59	2.63	1.61	0.92	2.25

En particular, nuestro carbón de las minas de las Esperanzas, del Estado de Coahuila, ha dado, en los hornos de la Gran Fundición Nacional de Monterrey, los resultados siguientes:

Carbón de las Esperanzas; Coah..	2.0°/₀	67.77°/₀	20.5°/₀	....	9.8°/₀
Coke de íd	0.5	83.9	0.9	0.96	14.7

El carbón de esta procedencia se ofrecía á la Casa de Moneda de esta Capital, según datos que el Sr J. G. Aguilera, Director del Instituto Geológico, tuvo la bondad de proporcionarme, y de quien tomé, además, los datos referentes á su composición, á razón de $ 4,50 tonelada entregado en carros en la Estación de Barroterán, y la de coke á $ 10.00. El flete por tonelada á esta Capital era, en el año de 1902, en que se hacía esta proposición, de $ 11,50 para el carbón y 12,75 para el coke por tonelada y por cualquiera de los dos ferrocarriles, el Central ó el Nacional. Costaría, por lo mismo, la tonelada de carbón de Las Esperanzas, $ 16.00, y la de coke $ 22.75. En la época á que se refieren estos datos no se usaba todavía lavadora, por lo cual la proporción de cenizas era un poco elevada; al instarla, lo cual ya se estaba practicando, disminuirían sensiblemente.

Por los cuadros que anteceden, se ve que la mejor clase de turba —la negra— es equivalente á las clases inferiores de carbón (el pardo), y es sensiblemente inferior á nuestro carbón de Esperanzas.

Al microscopio, la turba se resuelve en un agregado de restos vegetales más ó menos alterados; pero en las cuales todavía se descubre su origen orgánico, cementados por una sustancia amorfa úmica, ó húlmica, producto de su completa desorganización.

La composición de las tres clases de turba pone de manifiesto, que la proporción de cenizas es mayor á medida que la clase de turba es mejor, hasta llegar á un límite de 10.0% ó de 12.0%. Cuando el contenido en cenizas excede este límite, se puede asegurar que proceden de polvos ó *detritus* del exterior, es decir, que las turbas son impuras.

El hecho, aparentemente contradictorio, de que las mejores clases de turba contengan más cenizas que las clases inferiores, se explica de la siguiente manera: La turba es, propiamente hablando, un aluvión vegetal, que llena las desigualdades del fondo de las turberas, y su formación exige la presencia de plantas acuáticas de rápido desarrollo, que gocen de la propiedad de alimentarse por su extremidad superior, expuesta al aire libre, en tanto que simultáneamente su extremidad inferior, sumergida en el agua, se muere y se seca, y desprendiéndose de la parte viva, se precipita al fondo, en donde incesantemente se acumulan estos fragmentos y se transforman paulatinamente en turba. Esto, verificándose en el seno del agua, la parte mineral (en que predomina esencialmente la cal, el óxido de fierro y la alúmina), en virtud de su mayor densidad que la de los tejidos vegetales, se acumula en el fondo, que es precisamente en donde se encuentra la turba más antigua, es decir, la mejor. Todo esto se verifica hasta cierto lími-

te; pues cuando la capa de turba es muy gruesa y compacta, opone obstáculo al libre paso de la parte mineral, á la cual sirve como de una especie de tamiz.

La edad de la escasa turba que se ha formado en el Valle de Lerma, debe ser muy remota, y sólo para dar idea de los dilatados períodos de tiempo que requiere su formación, citaré los datos siguientes. El geólogo Le Conte, dice: que el aumento de espesor de la turba, se ha calculado desde 1 ó 2 pulgadas por siglo, hasta algunos pies. Lapparent dice: que en las turberas de musgos, que son las que se desarrollan más rápidamente, se ha calculado para el Jura, un aumento de espesor de $0^{m},60$ ó mas por siglo. En fin, en la Geología de Irlanda, país clásico de las turberas, las cuales cubren la décima parte de su extensión total y en que su espesor llega á 12, 15 y aun 22 metros, es en donde se han tenido más oportunidades de estudiar esta cuestión, y se han dado nuevas cifras rectificando las que anteriormente se habían dado. Se ha reconocido, pues, que en una capa de turba blanca de $0^{m},305$ de espesor (1 pie), entran, cuando menos, 100 capas anuales; en una del mismo espesor de turba parda, entran, cuando menos, de 200 á 300 capas anuales, y, en fin, en otra del mismo espesor de $0,^{m}305$ de turba negra ó compacta, entran de 600 á 800 capas anuales. Estas cifras se refieren al supuesto de un conjunto inmejorable de circunstancias: vegetación acuática, suma-

mamente activa y vigorosa, constituida por el Sphagnum; temperatura moderada, 6° C. sobre 0°, etc. Qué puede esperarse de nuestros pobres y mezquinos tulares, que año tras año se secan y desaparecen, y cuando las demás circunstancias, independientemente de la de vegetación, en vez de ser favorables, son adversas? Su aumento en espesor tiene que ser algo como infinitesimal. A esto debe agregarse todavía, que estando tan próximas las Sierras, los productos de su erosión son arrastrados á las Ciénagas, donde se mezclan con la escasa turba que haya podido formarse. Tiene, pues, que resultar ésta muy revuelta con tierras y arcillas y de clase muy inferior, como efectivamente se encontró.

Sondeos.

Para los sondeos de reconocimiento de la turba, se han empleado con mucho éxito tubos de fierro de dos pulgadas de diámetro, empleando permanentemente un tubo de dos metros de longitud, al cual se agregaban nuevos tubos de un metro cada uno, según la profundidad de la Ciénaga. Estos se introducían por presión en la turba ó por medio de golpes suaves, que se graduaban según lo había indicado la experiencia. Cuando se notaba cierta resistencia, era prueba de que se había tocado fondo macizo, y por lo mismo, ya no había interés en penetrar más abajo. Sin embargo, en los primeros sondeos, como no se tenía conocimiento previo de la naturaleza del fondo, y aun se tenía la creencia de que atravesando una delgada capa intermedia de tierras, de solamente algunos

decímetros de espesor, se llegaba á una nueva capa de turba, que, por ser la más antigua, sería la mejor para resolver la existencia ó no existencia de dicha capa, se hicieron penetrar los tubos hasta donde no se pudo más, atravesando una capa arcillosa de más de un metro de espesor, que puso de manifiesto no haber ya ninguna turba abajo de ella.

Cuando se tocaba el fondo macizo de la Ciénaga, lo cual se reconocía en la resistencia que se oponía á la penetración de los tubos y aun el simple sonido, se suspendía el sondeo, procurando en todos casos penetrar, cuando menos, $0^{m},15$ ó $0^{m},20$ en el fondo arcilloso, á fin de que esta arcilla sirviera como de tapón á lo que había entrado al tubo, y de esta manera se impedía se vaciara el contenido de él. Cuando se encontraba un fondo compuesto de tierras y, sobre todo, de arenas, se experimentaba alguna dificultad para conseguir que no se vaciara el tubo y se perdiera el sondeo.

Una vez extraídos los tubos, se descargaban del agua que habían recogido y se sacaba la muestra, generalmente por presión. Cuando la muestra recogida eran lodos negros sin cohesión, no era posible conseguir que el testigo saliera con forma cilíndrica, y esta era la mejor comprobación de que el punto sondeado era de ningún valor, bajo el punto de vista de su contenido en turba.

Se ejecutaron más de 100 sondeos en las Ciénagas de Almoloya y de Lerma, según se puede notar en el croquis, con los resultados siguientes: En la Laguna de Almoloya, los tubos han tocado fondo macizo entre 3^{m} y 4^{m}; en lo general, siempre existía una tembladera de es-

pesor variable, según la longitud de las raíces de las plantas semi-acuáticas y terrestres que la forman. Los tubos atravesaban esta capa herbácea flotante, la cual, ya comprimida, quedaba reducida á un insignificante espesor; en seguida venía la capa de agua, que separa el fondo macizo del terreno; de la tembladera flotante, y finalmente, el fondo, que es en donde debía encontrarse la turba, en caso de haberla, y en donde, por lo mismo, se encontraba el interés del sondeo. El fondo comenzaba por una ligera capa de fango, después una capa de espesor variable de tierras arcillosas y muy cargada de materiales de vegetación en descomposición, que le comunicaban un color negro muy obscuro; esta capa correspondía á lo que debía ser turba en otras condiciones más propicias para su formación; su espesor casi nunca llegaba á $0^m,50$, y en su base se encontraba muy revuelta con arcillas, tierras y arenas. En muchos puntos, los tubos no acusaron más que verdaderas huellas de lo que en otras condiciones de vegetación, piso, etc., se hubiera convertido en turba. Abajo de la capa negra de que he hablado, venían arcillas mezcladas con arenas y tierras, y más abajo arenas más gruesas. Pocas veces tenía el testigo ó muestra recogida, un espesor mayor de $0^m,70$ entre todas las capas atravesadas.

La gran reducción del espesor de la capa correspondiente á la tembladera de un metro, ó algo más, que tenía la capa flotante á sólo algunos centímetros, que acusaba en los tubos cuando se descargaban, queda perfectamente bien explicado, cuando se recuerda el enorme poder de absorción de las plantas, como lo comprueba

la siguiente experiencia de Lesquereux. Se corta un haz de musgos y se conservan en un lugar muy seco durante un año, encontrándose, naturalmente, al cabo de este tiempo, sumamente secos, cuando menos en apariencia, y perfectamente muertos, y, por lo mismo, han perdido su gran avidez por el agua. Sin embargo de esto, si se sumergen en el agua, todavía absorben quince veces su peso. Júzguese por esto lo que deberían absorber, si estuvieran vivos y en la plenitud de sus funciones, como la de absorción de agua. Esta cifra solamente se refiere á la cantidad de agua absorbida y retenida, la cual no es más que una insignificante proporción, comparada con la gran masa de agua interpuesta, y en la cual flotan. Por analogía con lo que se verifica tratándose de los musgos, se debe esperar, que un metro de tembladera, en Lerma se redujera á unos cuantos centímetros después de comprimida la masa en los tubos, tanto al entrar á ellos, por presión ó golpe, como al descargarlos igualmente á golpe.

Todas las muestras se secaron durante muchos días al sol, y en el Instituto Geológico se ensayaron varias de ellas, que correspondían poco más ó menos al promedio de las tomadas de un determinado lugar. Primeramente se desecaron en una estufa á la temperatura de ebullicion de la agua, y la muestra así desecada se ensayó, y produjo los siguientes resultados:

	Humedad de la muestra secada al sol.	MUESTRA DESECADA.		
		Volátiles.	Carbón.	Cenizas.
Nº 41. Cerca del río de Almoloya. Tembladera.	36.01°/₀	43.05°/₀	10.58°/₀	46.37°/₀
Nº 49. S. Mateo. Ciénaga de Almoloya. Temblad^a.	39.07	50.53	19.82	29.65

Nº 55. S. Mateo. Ciénaga de Almoloya. Temblad[a].	38.56	60.81	21.11	18,08
Nº 60. S. Pedro Techuchulco. C[a] de Almoloya..	5.88	17.27	7.27	75.46
N' 81. Capulhuac. Ciénaga de Lerma	8.23	24.26	7.31	68·43
Nº 99. Tarasquillo. Cerca de S. Nicolás Peralta ..	7.90	24.39	8.49	67.12
Nº 102. Ciénaga de Tarasquillo.............	10,19	31.05	12.19	56.76

Las muestras 49 y 81 se lavaron para separarlas de la mayor cantidad posible de tierras, se secaron en la estufa y, ensayadas, dieron los siguientes resultados:

	Humedad.	Volátil.	Carbón.	Cenizas.
Nº 49	50.8 %	53.76 %	20.09 %	26.15 %
Nº 81	76.96	19.40	20.50	60.10

Se advierte á primera vista, que en todas las muestras, la proporción de carbón fijo es sumamente reducida, siendo 21,11 % la más alta; en tanto que la de cenizas es sumamente elevada, subiendo hasta 75,46. En las dos muestras lavadas, el contenido en carbón aumenta poco, y en cambio disminuye poco también el de cenizas, demostrando con esto que las materias vegetales se encuentran íntimamente mezcladas con las tierras y arcillas.

La proporción de carbón fijo en las turbas propiamente dichas, debe ser, cuando menos, de 50,0 % á 51,0 %, supuesto que este es el contenido de la leña que en las turbas aumenta en diversa proporción. Los ensayos hechos ponen, pues, de manifiesto, que en las Ciénagas de Almoloya y Lerma y Tarasquillo no existen turbas, y lo que se confundía con este nombre, no son más que lodos

de pantano, es decir, materias vegetales en descomposición, mezcladas con grandes cantidades de tierras y arcillas. Como se comprende, son propios para abonos de tierras, y efectivamente así se usan en algunos de los pueblos de los alrededores de las Ciénagas; pero en ningún caso se utilizan como combustibles.

México, Enero 2 de 1905.



LOS HERVIDEROS DE LA SIERRA DE OZUMATLÁN,

por G. de J. Caballero, S. J.

Al NNW. del pueblo de Taximaroa, y á una distancia de 24 hilómetros, se encuentra el cerro volcánico de San Andrés, donde comienza la sierra de Ozumatlán.

Sus faldas, que tienen una pendiente superior á 25°, están cruzadas por frecuentes barrancas, y todo está cubierto con bosques casi exclusivamente de coníferas, y en la falda solamente es donde se encuentran algunos encinos ó madroños.

En los escasos deslaves se ponen al descubierto mantos de arcilla muy ferruginosa, y la obsidiana se encuentra diseminada en fragmentos.

Nos dirigimos á un rancho que está situado bastante arriba del cerro, al SSW. del pico de San Andrés, y á una altura de 2,700 metros sobre el nivel del mar. El espeso bosque nos ocultaba el terreno y apenas se podían percibir las sinuosidades de las barrancas. De allí torcimos hacia el SSE. y entramos por una amplia barranca, donde se percibía ya el olor desagradable de las azufreras. Termina esta barranca en un amplio anfiteatro coronado de altos bosques. Es un espacioso cráter de unos 120 metros

de largo por unos 50 de ancho, y está al W. del cerro de los azufres: está convertido en una laguna de agua saturada de vapores sulfhídricos y sulfurosos: hierve por todas partes, dando paso á las emanaciones gaseosas, que revuelven el agua y la hacen fangosa. La superficie de la laguna queda á unos 2,930 metros sobre el nivel del mar.

Alrededor de la laguna y casi al nivel del agua, salen por doquiera, de entre los peñascos, emanaciones de vapor de agua, sulfhídrico y sulfuroso, mezclados con algo de oxígeno, ázoe y bióxido de carbono: el sulfhídrico, al descomponerse en presencia del aire, tapiza las rocas de vistosos cristales octaédricos de azufre, de un desarrollo hasta de cuatro milímetros.[1]

Estos cristales son del sistema rómbico, apareciendo octaédricos por la variante $b^1/_2$ que abate las aristas; se encuentran algunos cristales en que predominan cuatro de estas caras, dando al poliedro la forma esfenoédrica. También se encuentra polvo de azufre enteramente amorfo, cuya coloración es generalmente más clara que la de los cristales. Los detritus eruptivos que rodean la laguna están impregnados de azufre, constituyendo un verdadero yacimiento azufroso.

El agua de la laguna está, á la salida de ésta, á unos 22 c., y en los mismos hervideros á 89° c.

Hacia el S. de esta laguna hay otra más pequeña subterránea, á una profundidad de unos 8 metros; se baja á ella por un túnel artificial inclinado unos 20°. Por este túnel se desahogan las emanaciones de la pestilente laguna, cuyas aguas son verdiosas. Al salir los gases recubren

1 Ramírez. Riqueza minera de México, pág. 224.

las paredes de cristales de azufre, y de eflorescencias de sulfato de calcio, cuyas sedosas agujas, agrupadas paralelamente, forman como almohadones de cinco centímetros de espesor.

El macizo de rocas que forma la serranía, se abre paso á través de capas de pizarra arcillosa y margas terrosas. El terreno es netamente eruptivo y la acción del sulfúrico ha descompuesto grandes masas de roca, quedando sólo las arcillas mezcladas con sulfato de calcio. La atmósfera que se respira en este amplio y poco profundo cráter, está sumamente cargada de gases sulfhídrico y sulfuroso, pero á pesar de eso el desarrollo exuberante de las coníferas empieza casi al borde de la laguna de los azufres.

El estado de este cráter es, pues, netamente solfatárico y produce verdaderos yacimientos azufrosos: este azufre se ha explotado industrialmente en otras épocas, dándosele á este cráter el nombre de azufreras de Taximaroa, pero actualmente esta explotación está totalmente abandonada, y sólo se ve á la salida de la barranca, que da desagüe á la laguna, las ruinas de la antigua fábrica.

Salimos de este cráter y nos dirigimos al pico de San Andrés, situado al NNW. de la laguna de los azufres: al N. de esta laguna y como á unos 12 kilómetros, encontramos una planicie, que llaman Llano Grande, á 2,921 metros sobre el nivel del mar. Es un valle de unos 3 kilómetros de diámetro, al SSE. del cual hay una pequeña laguna de aguas potables, aunque algo alcalinas: éstas provienen de pequeños veneros que nacen en las faldas de los picachos que coronan el reducido valle.

Siguiendo hacia el San Andrés, se encuentra uno otra

explanada, á una altura de 2,965 metros sobre el nivel del mar, y como á 5 kilómetros de Llano Grande.

Ya casi á la falda del picacho de San Andrés, está otra planicie ó meseta llamada la Bolsa, á 3,054 metros sobre el nivel del mar. De allí emprendimos la subida al picacho por una pendiente de unos 40°, cubierta entera y exclusivamente de pinos: aparecían de vez en cuando peñas desnudas, traquíticas, principalmente cerca de la cumbre; no percibimos más rastros de la fauna de la región que algunos escasos insectos. Llegamos á la cumbre á 3,563 metros sobre el nivel del mar, y se abrió ante nuestra vista un sorprendente panorama: al ENE. se distinguían, á lo lejos, las solitarias calles de Maravatío: hacia el W. se veía la sierra de Morelia, donde descuella el arrogante pico del Quinceo: al WNW. se distinguían los gigantescos penachos de vapores condensados que á lo lejos lanzaba al firmamento el furioso Curritaco: y parecían percibirse los bramidos del legendario cráter del Chiflador.

Abandonamos aquel espléndido panorama para buscar, allá en el laberinto de barrancas de la falda, el cráter convulsivo del Curritaco.

A unos 7 kilómetros, al SW. del San Andrés, se encuentra una reducida planicie, llamada llanito del Curritaco, á 2,942 metros sobre el nivel del mar.

Seguimos descendiendo, y al SSE. del S Andrés, á unos 11 kilómetros, encontramos, recostado en el flanco del cerro, el cráter del Curritaco. Tiene éste unos 35 metros de largo, unos 27 de ancho y unos 7 de profundidad; siendo la dirección del eje mayor NE. 50° SW.; es una gran caldera, en cuyo fondo hierve con furia el lodo, lanzando bocanadas de vapor sofocante, cargado de gases sulfurosos.

Sus bordes, que se elevan como 25 ms., están formados de lava y de un lodo arcilloso consolidado, que arroja con violencia en sus frecuentes épocas de paroxismo. Al poniente del Curritaco, á unos 200 metros, y separado por una barranca estrecha, se encuentra un chiflón de vapor de agua y gases sulfurosos, que contienen, además, sulfhídrico, y algo de bióxido de carbono, oxígeno y ázoe: al salir esta mezcla, produce un bramido capaz de oirse á 5 kilómetros de distancia, y sale con tal fuerza, que arroja piedras hasta de medio kilo; se llama el Chillador ó el Chiflador.

La temperatura es, según el Sr. Ramírez,[1] de 82° á 85°, y según Felix y Lenk,[2] de 91°; nosotros no pudimos medir la temperatura, porque nos ahogaban los vapores.

A poca distancia del Chiflador y en la misma falda SSW. del San Andrés, en una pendiente de unos 20°, hay múltiples grietas, por donde se abren paso las emanaciones gaseosas termales, en una zona de abajo arriba como de 500 metros, y 50 de ancho: la temperatura es tan elevada, que el agua sale exclusivamente á estado de vapor, sin que se noten restos de escurrimiento alguno: el vapor es emitido en grandes cantidades, y condensado con la baja temperatura de la mañana, forma grandes nubes que flotan sobre los elevados pinos.

La flora es exuberante, y empieza casi al pie mismo de los hervideros: de modo que éstos quedan ocultos enteramente en el bosque, y sólo se perciben cuando está uno

1 Riqueza minera de México, pag. 220

2 Félix und Lenk. pág, 56.

junto á ellos: en cambio, la fauna es muy pobre, al menos en el invierno, y se reduce á pocos pájaros é insectos.

Siguiendo á través de la sierra unos 10 kilómetros, con rumbo WSW., se halla un cerrito que forma parte de los contrafuertes remotos del San Andrés: su diámetro total será de unos 2 kilómetros, y su altura de 2,900 metros sobre el nivel del mar, y unos 100 sobre la planicie reducida que le rodea: toda la falda N. está llena de hervideros, dor donde brota el agua saturada de gases á una temperatura máxima de 89°; el agua es fangosa, como en la laguna de los azufres y en el Curritaco.

A esta región le nombran "Las humaredas."

A unos 18 kilómetros al W. del San Andrés, siguiendo por la misma sierra, se encuentra el cerro del Chino, que forma parte del cerro del Gallo y está á unos 2,794 metros sobre el nivel del mar, y cerca ya de la hermosa hacienda de Jaripeo.

Tiene al SW. una zona de unos 500 á 600 metros de diámetro llena de hervideros; de todos ellos brota el agua á una temperatura variable entre 70 y 89. Uno de estos hervideros es un verdadero geisser, que lanza el agua á una altura de 2 metros, próximamente: el agua es fangosa y saturada de gases como en los hervideros anteriores. Bajando unos 100 metros al S., están los hervideros del Nopalito, análogos enteramente á éstos.

Hay entre estas dos zonas de hervideros, dos lagunas: una rumbo al N., internada en la barranca, donde el agua todavía hierve: y otra al SSW., donde el agua es fría é insípida: esta última tendrá como 600 metros de largo por 200 de ancho. Hacia el SW. del San Andrés, á una altura

de 2,925 metros sobre el nivel del mar, hay un gran cráter como de un kilómetro de largo y 500 metros de ancho, en la falda W. del cerro de Marítaro. En el fondo hay muchos hervideros,[1] pero sobre todo dos bocas por donde sale el vapor con mucha fuerza y estrépito: se llama el Marítaro. Con las aguas de estos hervideros se forma una laguna caliente y fangosa, que desagua por medio de un arroyo.[2]

De modo que toda la región de la sierra, hasta llegar á la hacienda de Jaripeo, es una región solfatárica y geisseriana, plagada de cráteres extinguidos más ó menos y grietas geisserianas, y en cuya formación traquítica y basáltica, se encuentran pequeñas brechas de obsidiana, y escasos mantos de arcilla, recubiertos con la tierra vegetal del cuaternario que alimenta los frondosos y amenos bosques que cubren toda la región volcánica.[3]

1 Según el Sr. Ramírez, son 27 respiraderos.

2 Al NE. del Marítaro, y á unos 60 metros más abajo, se halla la "Laguna verde," de aguas impregnadas de ácido sulfhídrico y sulfuroso, y cuyo fondo está cubierto de arcilla y rocas azufrosas ó sedimento de azufre proveniente de la descomposición del sulfhídrico en presencia del agua y del aire: la temperatura de esta laguna es de 28°.

3 Felix und Lenk parece que confunden la región del cerro de San Andrés, descrita por Ramírez, con el volcán de San Andrés, descrito por Saussure: el cerro de San Andrés está al NNW. de Taximaroa, y á unos 10 kilómetros de esta población, mientras que el volcán de San Andrés está al WSW. de la misma población y á unos 30 kilómetros de ella.



SOBRE EL DESCUBRIMIENTO DEL TRIAS MARINO EN ZACATECAS

por el Dr. Carlos Burckhardt.

Durante el estudio geológico de los alrededores de la Ciudad de Zacatecas, que llevé á cabo con nuestro consocio y amigo el Dr. *Salvador Scalia*, hemos tenido la suerte de descubrir una fauna marina del Trías superior. Presentando este descubrimiento mucho interés, por ser hasta hoy completamente desconocidas en México capas marinas del Trías, me permito presentar una nota preliminar acerca de nuestras observaciones, reservando para más tarde la publicación detallada de los datos geológicos y paleontológicos recogidos.

Hace ya tiempo se conocían en los alrededores de Zacatecas, pizarras de bastante espesor, que forman la base de las formaciones geológicas de la región, pero cuya edad no se había podido fijar hasta hoy, por falta de fósiles.

De nuestro estudio resulta, que dichas pizarras forman dos grupos diferentes, separados por una discordancia. El grupo inferior está formado por pizarras sericíticas con lustre de seda, de color negro, rojizo ó verdusco y con bancos de conglomerado y de cuarcita. El conjunto está muy plegado. En este grupo no se han encontrado fósi-

les, de modo que la edad queda indefinida, y sólo se puede decir que debe ser más antiguo que las capas triásicas, por las cuales está cubierto en discordancia.

El grupo superior de las pizarras, que se observa al oeste de Zacatecas, en el Valle del Arroyo Calavera ó Pimienta, se distingue ya por los caracteres de las rocas del inferior. Las pizarras de esta división tienen menos lustre y presentan colores negros y azul obscuro. Contienen mucha sílice, y por lo tanto, pueden llamarse pizarras silicosas. Estas pizarras contienen, además, intercalaciones de cuarcitas, arcillas grises, de areniscas y de la llamada «roca verde,» y sus tobas correspondientes.

La parte inferior de esta roca verde, debe considerarse como una diabasa de olivino, según las observaciones microscópicas de nuestro estimado consocio y amigo el Sr. *E. Ordoñez*, con tobas de diabasa; ha de tener la misma edad que los sedimentos triásicos entre los cuales está intercalada.

En las pizarras y arcillas del grupo superior, hemos encontrado los fósiles triásicos mencionados, en dos lugares del valle de la Pimienta ó de la Calavera. Abundan Bivalvas de aspecto muy antiguo y predomina entre ellas el género *palaeoneilo,* Hall, con una gran variedad de especies nuevas (más de 25 especies). Además, hemos encontrado algunos restos de Ammonitas, las cuales, si bien están casi todas en pedazos, pueden, sin embargo, dar luz sobre la edad del depósito, en el cual se han encontrado.

Con el concurso amable de dos especialistas renombrados, los Señores *Ed. von Mojsisovics* y *James Perrin*

Smith, se han podido clasificar estos restos de ammonitas como pertenecientes á los géneros *Juvavites (Anatomites), Sirenites, Clionites y Trachyceras (Protrachyceras),* y se pudo comprobar que algunos de estos restos se asemejan mucho á formas descritas del piso cárnico del Trías superior, sobre todo del de California.

Resulta, pues, con toda seguridad, que el grupo superior de las pizarras de Zacatecas, forma parte del Triásico superior marino y, además, con mucha probabilidad que pertenece al piso cárnico.



ANÁLISIS QUÍMICO DE LA CHILUCA Y DE LA CANTERA,

por F. Roel y E. Ordóñez.

Entre los materiales de construcción que se emplean en la ciudad de México con más frecuencia, en edificios de alguna importancia, se puede citar en primera línea la llamada *chiluca*, que por sus cualidades de dureza, color y homogeneidad, es usada comúnmente en los basamentos, capiteles, etc. Se presta notablemente al labrado en trabajos de ornamentación, por la finura y claridad con que se conservan por largo tiempo los relieves. Asociada generalmente á la chiluca, se encuentra en el terreno una roca gris tufácea, suficientemente resistente, que se emplea con más profusión en las construcciones y que se designa con el nombre de *cantera*.

De ambas rocas se han dado ya algunas ideas sobre sus condiciones de yacimiento y aun de su composición mineralógica y estructura.[1] La constitución mineralógica no es muy constante, como tampoco lo es su composición química, variabilidad que depende en gran parte de la mayor ó menor cantidad de individuos del feldespato potásico (sani-

1 Bol. Soc. Geol. Mex. Julio-Diciembre de 1904. T. I. 1905. «Las canteras de San Lorenzo,» Totolinga y Echagaray, páginas 25-34.

dino). En general, estas rocas pueden considerarse como andesitas, pero pasan á traquiandesitas, cuando el sanidino interviene en cantidad apreciable en la pasta microlítica de las rocas ó como fenocristales al lado de los individuos de oligoclasa ó de labrador, que son siempre los predominantes. Ya hemos dicho otra vez, que la hiperstena, la augita y la hornblenda, están de ordinario asociadas en estas rocas, y suele venir accidentalmente la biotita; pero la particularidad más grande que al microscopio revela la chiluca, es un agrupamiento de las microlitas feldespáticas de la pasta en formas esferolíticas ó de estrellamientos y algunas lagunas micropoikilíticas, y parece que ambas cosas preponderan en la pasta cuando el sanidino está presente.

Con estos antecedentes nos parece útil dar á conocer la composición química de la chiluca y de las tobas grises (cantera) con ella asociadas. Ya hemos hablado de ciertos enclaves de rocas duras que en más ó menos abundancia existen en la masa de la cantera y que llaman *gabarros*. La composición de éste se aparta algo de la roca enclavante y de la chiluca, como se verá en el cuadro siguiente:

	I* Cantera.	II Gabarro.	III Chiluca.
H_2O á 105° C.	0.27	0.24	0.53
H_2O al rojo.	0.39	0.96	0.22
SiO_2	63.12	60.89	65.02
CO_2	0.06	....	0.00
Fe O	2.81	5.65	3.20
$Fe_2 O_3$	2.13	1.53	1.54
$Al_2 O_3$	17.72	21.41	17.56
Ca O	4.97	5.69	4.51
Mg O	3.43	2.04	1.95
K_2O	2.75	0.00	1.93
Na_2O	2.79	1.06	4.02
Suma	100.44	99.47	100.48
Densidad tomada con el frasco de Regnault, á 20°C—....	2.647		2.685

Como se ve, la SiO_2 que contienen las rocas, especialmente la chiluca, se mantiene en un límite un poco más elevado que en las traquitas normales, lo que se explica por la presencia del cuarzo libre en fenocristales que suelen traer las chilucas.

La cantidad de alumina es un poco más pequeña que la de la mayoría de las traquitas, pero está en relación con la pobreza de fierro y la escasez de minerales coloridos que se observa en las rocas sometidas al análisis. Entre la cal,

* Los análisis I y III fueron hechos por el Sr. F. Roel, y el II por el Dr. V. v. Vigier.

la sosa y la potasa de la chiluca analizada, se ve que hay una relación que es bastante frecuente en las andesitas de aspecto traquítico de México (Ixtaccíhuatl, Joco, Las Cruces, etc.); no así en la cantera, en la que la proporción de potasa, un poco más elevada, prevee la presencia de las microlitas de sanidino que hemos observado al microscopio. A la verdad, la chiluca, cuyo análisis se da, no contiene sanidino, sino accidentalmente, y es, por lo tanto, de aquellas que se consideran como andesitas francas. La chiluca del tipo de la traquiandesita, es rara.



NOTA PRELIMINAR SOBRE LA FAUNA PLIOCÉNICA DE SANTA MARÍA TATETLA, VER.

por Emilio Böse.

El año pasado publiqué en el Boletín de nuestra Sociedad, una nota preliminar sobre una fauna pliocénica de Tuxtepec, Oaxaca, y mencioné ya en aquel lugar la rica fauna de la barranca de Santa María Tatetla, en el Estado de Veracruz, la que entonces no estuvo estudiada. Mientras, he tenido la ocasión de estudiar la localidad y sus fósiles algo detenidamente.

Santa María Tatetla es un pueblo de indígenas en el Cantón de Huatusco del Estado de Veracruz; la población se encuentra en el fondo de una barranca profunda, en una altura de 342 metros, según la Comisión Geográfica Exploradora. La barranca fué formada por el río de Santa María; éste se reune con varios arroyos y forma al Este del Puente Nacional el río Antigua; y éste desemboca en el Golfo, cerca de Antigua.

La barranca de Santa María, así como varias otras, fué cortada en una mesa que se inclina algo hacia el Este. Hacia el Norte y el Oeste se levanta la montaña formando sierritas que se componen principalmente de rocas eruptivas con una base de calizas del Cretáceo medio. Estas

rocas se observan perfectamente en los cortes del ferrocarril; las calizas son poco fosilíferas, pero contienen á veces cortes de Caprina ó géneros semejantes. La mesa misma consiste en su parte superior en conglomerados de rocas eruptivas, los que demuestran una estratificación horizontal, y que, según toda probabilidad, se han formado en la costa del mar durante el Plioceno Superior y el Postplioceno. En y bajo los conglomerados mencionados, se notan en varios lugares arrecifes del Cretáceo medio, especialmente de la división Escamela; así, por ejemplo, al Sur de Apasapan y cerca de Santa María Tatetla, donde se encuentran río arriba bancos de una caliza gris llena de *Rudistas, Actaeonella*, *Nerinea,* etc. Sobre estas capas se observan conglomerados calcáreos, margas y arenas algo solidificadas, que seguramente ya pertenecen al Terciario marino. Río abajo, á unos cuatro kilómetros de la población, se encuentran en el fondo de la barranca, areniscas margosas amarillas y grises que contienen un gran número de fósiles. Sobre estas capas fosilíferas yacen los referidos conglomerados de rocas eruptivas modernas, sin que se note una discordancia. La capa fosilífera mencionada, se encuentra en una altura de 280 metros sobre el mar, en el fondo de la barranca; sigue hacia el Este y se encuentra de nuevo en el Puente Nacional, en una altura de unos 150 metros, exactamente con la misma fauna, pero en una caliza margosa algo más dura. Las capas están, pues, algo inclinadas hacia el Este, lo que no se nota por observación directa, pero lo que está probado por la altura diferente de las localidades fosilíferas.

Antes de entrar en la discusión del carácter y la edad

de la fauna, debo rectificar algunas noticias publicadas por J. W. Spencer.[1]

Este autor dice que en el camino de Veracruz á Jalapa se ven frecuentemente las calizas y margas blancas del Terciario, que las calizas están más ó menos plegadas y cubiertas por lechos delgados de margas blancas y que más arriba, cerca de Chavarrillo, las margas, con un espesor de 2 á 6 pies, yacen sobre la superficie de basaltos destruidos por la erosión; las calizas llegan hasta el Palmar.

Todo esto es completamente erróneo; las calizas del Palmar pertenecen al Cretáceo Medio, según los fósiles (Caprina) que aquéllas contienen; las llamadas margas blancas son solamente tobas calcáreas, depositadas por manantiales; y lo que Spencer tomó por capas plegadas, son las capas producidas por la circulación del agua. Las capas de Chavarrillo no son margas marinas, sino tobas volcánicas (rhyolíticas), y no existe ninguna superficie de basalto destruida por la erosión en aquella localidad, sino lo que Spencer tomó por esto, son pedruzcos de una andesita antigua encerrada en las tobas rhyolíticas. Con esto caen también las especulaciones atrevidas de Spencer sobre los cambios de nivel en esta parte. Las capas terciarias marinas no muestran en ninguna parte de esta región fuertes plegamientos, y nunca llegan á alturas muy grandes. De las especulaciones fantásticas de Spencer sobre el Istmo de Tehuantepec, ya me he ocupado en otra parte.[2]

En la parte fosilífera de las capas de Santa María, se pue-

1 Spencer, Great changes of level in México and the Interoceanic Connections.—Bull. Geol. Soc. America IX, Rochester, 1898, págs 20 y 26.

2 Boletín del Instituto Geológico de México, No. 20.

den distinguir dos bancos diferentes: el inferior contiene principalmente fósiles pertenecientes á los géneros *Ostrea, Amussium* y *Encope;* en el superior se encuentran numerosos bivalvos de otros géneros y gastrópodos, mientras que los géneros citados, con excepción de *Amussium,* son relativamente raros. No obstante de esto, hay que considerar los dos bancos como capas de la misma edad, porque hallazgos aislados demuestran que las dos partes tienen muchas formas en común, sólo que algunos géneros diferentes predominan; esta circunstancia estará en relación con ligeros cambios de nivel, los que habrá habido en aquella época.

La fauna se compone de las siguientes especies:

1. Encope Tatetlaensis, n. sp. (frecuente).
2. Pecten aztecus, n. sp.
3. „ santarosanus, Böse.
4. Amussium Mortoni, Rav. (frecuente).
5. Pinna serrata, Sow. (frecuente).
6. Anomia simplex, D'Orb.
7. Ostrea virginica, Gmelin (frecuente).
8. „ sculpturata, Conr.
9. Arca taeniata, Dall.
10. Lucina quadrisulcata, D'Orb.
11. „ pectinata, Gmelin.
12. Laevicardium sublineatum, Conr. (frecuente).
13. „ serratum, L. (frecuente).
14. Dosinia elegans, Conr. (frecuente).
15. „ acetabulum, Conr. (frecuente).
16. Venus Evergenyii, Böse (frecuente).
17. Solecurtus Cumingianus, Dunk.
18. „ gibbus, Spengl.
19. Semele perlamellosa, Heilpr.

20. Panopaea floridana, Heilpr.
21. Xenophora conchyliophora, Born.
22. Sigaretus cfr. multiplicatus, Dall.
23. Turritella Aguilerae, Böse.
24. Cerithium Caloosaense, Dall.
25. Strombus pugilis, L. (frecuente).
26. Pyrula papyratia, Say. (frecuente).
27. Dolium cfr. galea, L.
28. Oliva litterata, Lam. (frecuente).
29. Balanus eburneus, Gould.

Casi todos estos fósiles ocurren en el estado de moldes, y cierto número de especies, que pertenecen á los géneros *Arca*, *Venus*, *Cytherea*, *Mactra*, *Cardium*, *Lucina*, *Turritella*, *Bulla*, *Cypraea* y *Dolium*, no se han podido determinar todavía, porque los moldes no muestran la ornamentación superficial, ó porque son especies nuevas que no se pueden describir sin tener un material mejor conservado.

Se ve que en la fauna predominan los lamelibranquios; los gastrópodos existen en cantidad mucho menor; tomando en consideración las especies que no han podido ser determinadas, la relación queda la misma, ó, por lo menos, casi la misma. La fauna representa una facies litoral, lo que está de acuerdo con la naturaleza de la roca, que es arena y arenisca, que incluye guijarros de mayor tamaño.

Una de las formas más interesantes de la fauna es la *Encope Tatetlaensis*, n. sp., un erizo que pertenece á la familia de las *Scutellidae;* es una pariente de *Encope Michelini*, Agass.; se distingue por la figura y el tamaño de la *Lunula interambulacral*, por la proporción en el tamaño de

las partes anterior y posterior de los petales ambulacrales y por la distancia entre el ano y la *lunula;* diferente es también la forma de los surcos ambulacrales. *E. Tatetlaensis* es seguramente un precursor directo de *E. Michelini.* Esta última especie se encuentra en los mares calientes de la costa oriental de América, especialmente en las Indias Occidentales y el Brazil, en una profundidad de 0 á 11 brazas.

Pecten aztecus, n. sp., se acerca á *P. hemicyclicus,* Rav.[1]; pero es más pequeño, menos ensanchado y no tiene las costillas surcadas cerca del margen; también la convexidad es algo diferente. Algo se asemeja también el *Pecten Raveneli,* Dall;[2] pero se distingue por las costillas surcadas cerca del margen; *P. hemicyclicus* se conoce del Mioceno; *P. Raveneli* del Plioceno y en el mar cerca de la costa de North Carolina.

El *Pecten santarosanus* ya lo hemos discutido en otro lugar, así como *Amussium Mortoni.* La variedad actual de esta última especie vive en una profundidad de 30 á 60 brazas. *Pinna (Atrina) serrata,* Sow, es también una forma de agua de poca profundidad; *Anomia simplex,* D'Orb., vive en una profundidad de 0-12 brazas. *Ostrea virginica,* Gmel., vive inmediata á la costa; *O. sculpturata* es una especie fósil que se conoce del Mioceno y Plioceno. *Arca taeniata,* Dall, es también una forma que se ha encontrado sólò en estado fósil: se halla en el Plioceno de Florida y North Carolina. *Lucina quadrisulcata,* D'Orb., se cono-

1 Tuomey and Holmes, Pleiocene Fossils of South Carolina, Charleston, 1857, p. 25, lam. 8, fig. 1-4.

2 Dall, Tertiary fauna of Florida, 1898, pag· 721, lam. 29, fig. 10

ció hasta ahora fósil sólo en el Mioceno; parece que nuestros ejemplares son los primeros del Plioceno; viva se encuentra en una profundidad de 10 á 50 brazas en las costas del mar de Massachusetts, Indias Occidentales y del Brazil. *Lucina pectinata,* Gmel., se cita generalmente bajo el nombre de *Lucina Jamaicensis*, Chemn., pero como el autor de esta denominación no aceptó la nomenclatura binomial, Dall la designa con el nombre que la damos aquí. La especie se conoce del Plioceno y del Pleistoceno; Heilprin ya la cita del Plioceno de Yucatán, vive todavía en la costa de Florida, el mar de las Antillas y la costa oriental de Sud América.

Laevicardium sublineatum, Conr., es una especie fósil conocida del Mioceno y Plioceno. *L. serratum,* L., se conoce tanto fósil como vivo; se encuentra en todas las capas desde el Oligoceno hasta la actualidad.

Dosinia elegans, Conr., es una forma que frecuentemente fué confundida con *D. concentrica* y *D. discus;* Dall,[1] ha puesto orden en esta confusión y distinguido las tres especies. Nuestra forma se encuentra en el Mioceno de Florida y South Carolina, así como en el Plioceno y Pleistoceno de Florida; actualmente vive en las costas de las Carolinas, Florida, Texas, México, hasta Yucatán y Santo Tomás.

Dosinia acetabulum, Conr., es una especie fósil que se ha encontrado en el Mioceno de New Jersey, Maryland, Virginia y Florida.

Venus Ebergenyii, Böse, es una especie fósil que describí de Tuxtepec, Oax. (Plioceno).

1 Dall, Tert. Fauna of Florida, pág. 1231. 1903.

Solecurtus Cumingianus, Dunk., pertenece á la sección *Psammosolen;* esta especie fué descrita por Gabb, bajo el nombre de *Tagelus lineatus,* del Plioceno de Costarica; Dall la describió bajo el nombre de *Macha multilineata* del Plioceno de Florida, pero rectificó más tarde su determinación. *Psammosolen* es para mí sólo una sección del género *Solecurtus* é idéntico con *Macha, Oken.* Tanto Zittel como Fischer han tomado *Psammosolen* como sinónimo de *Solecurtus,* Blainv., y como este nombre es seguramente más antiguo, tiene él la prioridad. Esta especie vive en una profundidad de 10 á 171 brazas.

Solecurtus gibbus, Sprengl., pertenece al subgénero *Tagelus.* Nuestra forma corresponde bastante bien á la variedad *Carolinensis,* Conr. La forma actual es algo más larga y menos robusta.

Semele perlamellosa, Heilpr., se encuentra en moldes no muy bien conservados, pero parece que la determinación es segura. La especie se encuentra en el Plioceno de Florida.

Panopaea Floridana, Heilpr., fué confundida con *P. Menardi,* Desh.; pero Dall separó las dos especies, aunque las diferencias son casi insignificantes. La especie fué encontrada en el Plioceno de Florida.

La determinación de los gastrópodos fué más difícil que la de los bivalvos, porque se trata generalmente de moldes sin ornamentación; sólo haciendo moldes artificiales de las impresiones, pude determinar una parte del material.

De Xenophora conchyliophora, Born., encontré cuatro ejemplares; el ombligo no perforado demuestra que los ejemplares no pueden pertenecer á *Tugurium;* en la forma, co-

rresponde bien nuestra especie á *X. conchyliophora*. Esta especie ha tenido una vida larga; se encuentra ya en el Cretáceo superior y en todas las capas del Terciario; actualmente vive en aguas poco profundas, es decir, entre 10 y 250 brazas.

Sigaretus cfr. multiplicatus, Dall., es una forma mal conservada; la determinación no es segura. La especie fué descrita del Plioceno de South Carolina y Florida.

Turritella Aguilerae, Böse, fué descrita del Plioceno de Tuxtepec, Oax.

Cerithium Caloosaense, Dall, pertenece al subgénero Clava; es una especie fósil del Plioceno.

Strombus pugilis, L., es una especie que ya encontramos en el Plioceno de Tuxtepec. Mientras que aquellos ejemplares tenían generalmente el labro liso, hallé en el material de Sta. María tantos ejemplares con el labro plegado como con el labro liso. La especie se encuentra fósil en el Mioceno de las Antillas y de Costarica, en el Plioceno de Costarica, Florida y México, en el Postplioceno de Florida y las Carolinas, y vive aún cerca de la costa en el Golfo de México.

Pyrula papyratia, Say, se encontró ya en el Plioceno de Tuxtepec, Oax., y Santa Rosa, Ver. En Santa María es esta forma muy frecuente. Ya se ha indicado en la nota anterior que nuestra especie se distingue muy poco de la *P. reticulata* del Pacífico; creo que una distinción es casi imposible. La forma del Atlántico se encuentra en agua de poca profundidad (0–2 brazas).

Algunos moldes he comparado con *Dolium galea*, L., pero la determinación no es segura.

Oliva litterata, Lam., se encuentra en numerosos ejemplares entre nuestro material. La determinación no puede ser completamente segura, porque *O. litterata* apenas se distingue de *O. reticularis,* Lam.; la diferencia se encuentra casi únicamente en el color, el que no está conservado en los ejemplares fósiles. *O. litterata* es algo más cilíndrica que la otra especie, y nuestros ejemplares se asemejan por su forma más á la primera especie. Ambas formas se encuentran ya en el Plioceno. *O. litterata* fué descrita del Mioceno de Santo Domingo, Florida y North Carolina, del Plioceno de Florida y las Carolinas y del Postplioceno de Florida y South Carolina; actualmente vive en las aguas de North Carolina y de las Indias Occidentales en una profundidad de 0–2 brazas.

Entre el material de Santa María se encuentra un gran número de formas que pertenecen al género *Conus;* una especie se acerca bastante á *C. planiceps,* otras á las que describí de Tuxtepec; pero una determinación segura de los moldes es imposible.

El último fósil que pude distinguir es el *Balanus eburneus,* Gould; encontré algunos ejemplares que no se distinguen de la forma reciente.

En resumen, podemos decir que nuestra fauna vivió en profundidades de 0–30 brazas, lo que corresponde perfectamente al hecho que apenas 4 kilómetros al Oeste ya encontramos la línea de la costa, el límite del mar terciario. El fondo de este mar debe haber sido casi plano, de modo que la profundidad aumentó muy lentamente, lo que comprueba la existencia de la misma fauna en Puente Nacional. El levantamiento postpliocénico ha sido bastante con-

siderable, porque levantó las capas á una altura de 300 metros sobre su posición primitiva. Sabemos que este movimiento continúa todavía en la actualidad, lo que está probado por el hallazgo de buques en la playa detrás de la ciudad de Veracruz.

Parece que este movimiento no ha llegado á formar pliegues en las capas, sino que consistió únicamente en un levantamiento continuo de la costa. Parece también que el movimiento ha sido muy desigual; mientras que en el Istmo de Tehuantepec y cerca de Tuxtepec, Oax., levantó el Plioceno apenas unos 30 metros sobre el nivel del mar, llegó á levantarlo en Santa María Tatetla, á unos 300 metros, y lo mismo parece ser el caso en Papantla, Ver.

Nuestra fauna se asemeja bastante á las de Tuxtepec y de Santa Rosa (Istmo de Tehuantepec); es verdad que la primera contiene más gastrópodos y la segunda es muy pobre, pero no obstante, es la semejanza realmente muy grande. El adjunto cuadro comparativo nos permitirá ver esto más claro.

ESPECIE	ESPECIE MAS CERCANA	LOCALIDADES MEXICANAS		OLIGOCENO	MIOCENO	PLIOCENO	Postplioceno	RECIENTE
		TUXTEPEC	STA. ROSA					
Encope Tatetlaensis, n. sp.......	E. Michelini, Ag.............	—	—	—	—	—	—	+
Pecten aztecus, n. sp	P. hemicyclicus, Rav..........	—	—	—	+	—	—	—
Pecten santarosanus, Böse........	....	+	+	—	—	+	—	—
Amussium Mortoni, Rav..........	....	—	+	—	+	+	+*	+*
Pinna serrata. Sowerby..........	....	—	—	—	—	+	+	+
Anomia simplex, D'Orb.........	....	—	+	+?	+	+	+	+
Ostrea virginica, Gmelin........	....	—	—	—	—	+	+	+
Ostrea sculpturata, Conr.........	....	—	—	—	+	+	—	—
Arca taeniata, Dall.............	....	—	—	—	—	+	—	—
Lucina quadrisulcata, D'Orb.....	....	—	—	—	+	—	+	+
Lucina pectinata, Gmelin........	....	—	—	—	—	+	+	+
Laevicardium sublineatum, Conr.	....	+	+	—	+	+	—	—
Laevicardium serratum, Linné...	....	—	—	+	+	+	+	+
Dosinia elegans. Conr...........	....	—	—	—	+	+	+	+
Dosinia acetabulum, Conr........	....	—	—	—	+	—	—	—
Venus Ebergenyii, Böse.........	....	+	—	—	—	+	—	—
Solecurtus, Cumingianus, Dunk..	....	—	—	—	—	+	—	+
Solecurtus gibbus, Spengl.......	....	—	—	—	+	+	+	+
Semele perlamellosa, Heilpr......	....	—	—	—	—	+	—	—
Panopaea floridana, Heilpr......	....	—	—	—	—	+	—	—
Xenophora conchylophora, Born**	....	+	—	+	+	+	+	+
Sigaretus cfr. multiplicatus, Dall.	....	—	—	—	—	+	—	—
Turritella Aguilerae, Böse.......	....	+	—	—	—	+	—	—
Cerithium Caloosaense, Dall......	....	—	—	—	—	+	—	—
Strombus pugilis, Linné.........	....	+	—	—	+	+	+	+
Pyrula papyratia, Say...........	....	+	+	—	—	+	+	+
Dolium cfr galea, Linné.........	....	—	—	—	—	+***	—	+
Oliva litterata, Lam......... ...	....	+	—	—	+	+	+	+
Balanus eburneus, Gould........	....	—	—	—	—	—	+	+

* var. papyraceum Gabb. ** Se encuentra también en el Cretáceo Superior y el Eoceno. *** Se encu entra (n el Plicceno de Yucatán.

De las 29 especies de las capas de Santa María Tatetla se encontraron 8 en Tuxtepec, que tiene casi un número igual de especies; hay que tomar en cuenta que la fauna de Tuxtepec fué colectada por mí, en unas cuantas horas, mientras que á Santa María se han hecho varios viajes, tanto por el Sr. J. D. Villarello como por mí. Cuando se haya hecho una colección más grande en Tuxtepec, la semejanza sera todavía más notable; hay que mencionar que las especies comunes á las dos localidades son de las más frecuentes en la barranca de Santa María; además, se tendrá que tomar en consideración que la facies es algo diferente; porque la fauna de Tuxtepec vivió seguramente en aguas más profundas que la de Santa María.[1] Esta circunstancia se hace todavía más clara cuando comparamos nuestra fauna con la de Santa Rosa, que debe haber vivido más ó menos en aguas de igual profundidad como la de Santa María; hay que notar que en las dos faunas, *Amussium Mortoni*, Rav, es uno de los fósiles más frecuentes.

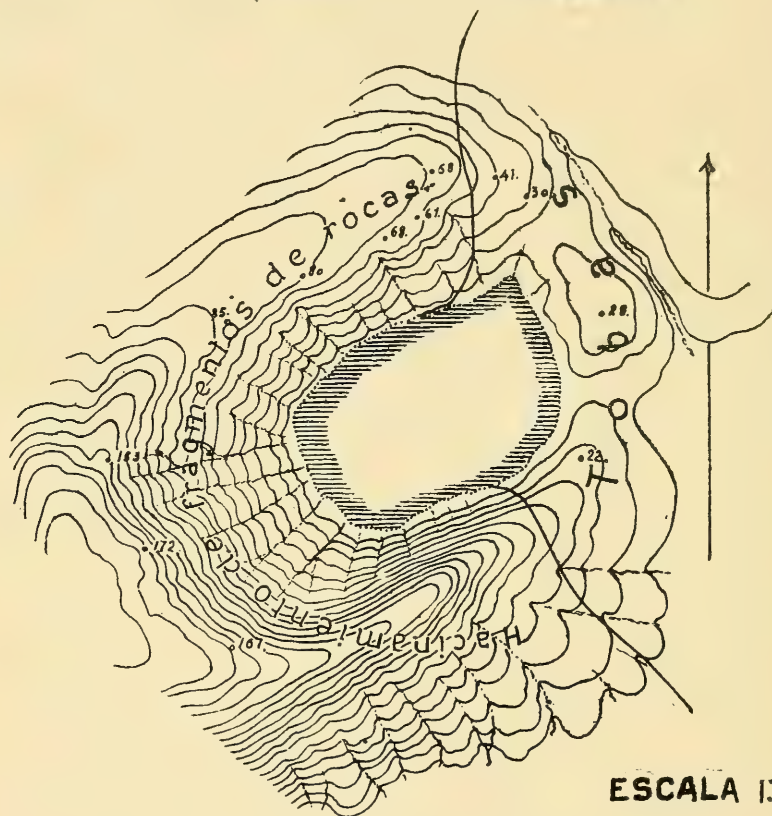
Creo que no se puede dudar que nuestra fauna sea de la edad de las de Tuxtepec y de Santa Rosa, es decir, que pertenece al Plioceno inferior.

Pero también el estudio de nuestra fauna sola, nos haría llegar al mismo resultado. En el cuadro comparativo anterior, hemos indicado en qué pisos se encuentran nuestras especies en otros lugares. Dejando aparte las dos especies nuevas, vemos que 16 de las 29 especies se encuentran en las aguas actuales (55%); pero todas éstas, con excepción de dos, se han encontrado también en el Plioceno; 9 de estas se hallan ya en el Mioceno, y 3 llegan hasta el Oligoceno ó á pisos más antiguos. Más importante es toda-

1 Böse. Nota preliminar sobre la fauna pliocénica de Tuxtepec.—Este Boletín I, 1905, pág. 149.

vía que 8 de las 29 especies, ó sea 28%, son características para el Plioceno, 2 se encuentran en el Mioceno y Plioceno y una se encontró hasta ahora sólo en el Mioceno. El resultado es que la fauna debe pertenecer al Plioceno, y como 12 de las especies se encuentran también en el Mioceno, 3 en capas todavía más antiguas, podemos aceptar como probable que nuestra fauna representa el Plioceno inferior.

Antes se había tomado nuestra fauna como la transición del Mioceno al Plioceno ó como perteneciendo al Mioceno superior; pero esto siempre sin un estudio detenido de los fósiles. Creo que podemos abandonar esta opinión definitivamente y establecer la división Tuxtepec como el representante de nuestro Plioceno inferior. Hasta ahora nuestro conocimiento del Plioceno marino de México es todavía muy limitado; conocemos sólo 53 especies, lo que es un número muy pequeño en comparación con casi 700 especies conocidas del Plioceno de Florida. Pero debemos tener en cuenta que el Terciario de los Estados Unidos está ya conocido desde hace casi un siglo y que muchas personas han hecho colecciones en Florida; además, los fósiles deben ser muy abundantes allí. El número de nuestras especies pliocénicas debe aumentarse todavía considerablemente; tenemos en la colección del Instituto Geológico, aún ricas faunas de Yucatán, Tabasco, Chiapas, Papantla y Túxpam. Según una revisión provisional de estas faunas, parece que hay grandes semejanzas entre ellas, no obstante de particularidades locales, y creo que se podrá demostrar que existe una fauna pliocénica bastante uniforme en una faja casi continua, desde la frontera de Guatemala y British Honduras, hasta el puerto de Túxpam ó todavía más al Norte.


AXALAPASCO DE TACÁMBARO.
fragmentos de rocas
.68
.41
.30
.61
.69
.80
85.
.28
.22
.153
.172
.167
ESCALA 1:10.000.

EL AXALAPAZCO DE TACÁMBARO,

por Pascual Ortiz Rubio.

El cráter-lago ó Axalapazco, conocido con el nombre de Alberca de Tacámbaro, se halla situado en la falda del cerro alto de la Corucha, eminencia de cima alargada en forma de cresta de cerca de 2 kilómetros de longitud, que por la forma encorvada y por la naturaleza de las rocas que la constituyen en su totalidad, pensamos que guarda aún el aspecto de un antiguo volcán destruido por la erosión. El Axalapazco de que se trata, situado á 3 kilómetros de la hacienda de Chupio, ubicada en las mismas estribaciones del Cerro de la Corucha, consiste de una cavidad de forma aproximadamente elíptica, con el eje mayor orientado de S. W. á N. E., correspondiendo á esta dirección, la mayor diferencia de altura de los bordes que ha resultado naturalmente de la posición de esta moderna estructura volcánica, en las faldas del grueso macizo de la Corucha. En efecto, el borde S. W. del Axalapazco, que forma parte de ese macizo, aparece como una gran pared casi escarpada, de 172 metros de altura sobre el nivel de las aguas que cubren el fondo de la cavidad, cuyos bordes van descendiendo gradualmente hacia el Sur y

hacia el Norte, para morir hacia el NE. y E. en un ancho reborde de 15 á 20 metros arriba del nivel de las aguas, único espacio donde las paredes interiores no muestran las fuertes pendientes que dan á este cráter su aspecto salvaje é imponente, digno de figurar con ventaja entre las demás construcciones mexicanas del mismo origen y naturaleza, que aunque siendo muchas de ellas de mayores dimensiones y altura, no tienen, como la Alberca de Tacámbaro, la cubierta de vegetación tupida de grandes coníferas que cubre las paredes más altas y pendientes, ó sea las partes conservadas de roca maciza preexistente, que asoma en partes con paredes acantiladas; en contraste con la desnudez de los bordes rebajados, construidos con el material de acumulación, fruto de la explosión que dió origen á la cavidad. Las aguas, de un tinte azul verdoso característico, invaden el fondo hasta el pie de los escarpes y cantiles aureolados de una cinta verde de plantas acuáticas. No hay más playas que una angosta media luna al oriente y que tiene fácil acceso por estar inmediata al borde de menor elevación. De los sondeos minuciosos que hemos hecho, resulta que las aguas no cubren más que el fondo de una cavidad embudiforme, cuyas inclinaciones, hasta el punto central, no son sino la continuación de los taludes arriba de las aguas, y dicho punto más profundo, que sólo está á 27 metros de la superficie del líquido, está exéntrico á causa de que las paredes cantiladas continúan del mismo modo en el seno de las aguas.

Las aguas no son muy saladas: esperamos poder dar más tarde un análisis de ellas. Dichas aguas deben de su-

frir una renovación, porque un pez pequeño vive y se propaga.

Acompañamos á esta nota un pequeño plano que puede dar una buena idea del conjunto del hermoso Axalapazco de Tacámbaro. Acotaciones convenientemente distribuidas, pormenorizan las diferencias de nivel.

Las dimensiones del Axalapazco, son como sigue:

Eje mayor de la elipse de borde á borde....800 m
Eje mayor de la elipse al nivel del agua....375 ,,
Eje menor de la elipse de borde á borde....500 ,,
Eje menor de la elipse al nivel del agua....255 ,,

Como todos los cráteres de explosión (Xalapazcos), el de Tacámbaro es de muy sencilla constitución, como se habrá podido comprender. Entran formando parte de él, como hemos dicho, la roca pre-existente de la Corucha, que comprende casi las tres cuartas partes de las paredes y bordes del cráter. Esta es una roca dura, de color rojizo de naturaleza basáltica, que se encuentra en Michoacán en gran abundancia, cubriendo en grandes malpaís, áreas inmensas de terreno. La grande cavidad se completa con los productos de la explosión que yacen acumulados en capas muy regulares, á veces con doble inclinación (cuacuaversales) y escalonadas en partes por efecto de la erosión. Dichas capas, poco consistentes y aun de material incoherente, tienen un color gris y gris amarillento, como las tobas de todos los volcanes del tipo de explosión. Estas tobas responden á la composición del basalto. Ade-

más de las tobas, que no son más que el resultado de la acumulación de las partículas muy finas y vidriosas, que como polvo son lanzadas por la explosión, se encuentran intercaladas capas delgadas de cenizas gruesas de color gris negruzco y capitas de *lopilli* que se ven como cintas negras en las paredes interiores.

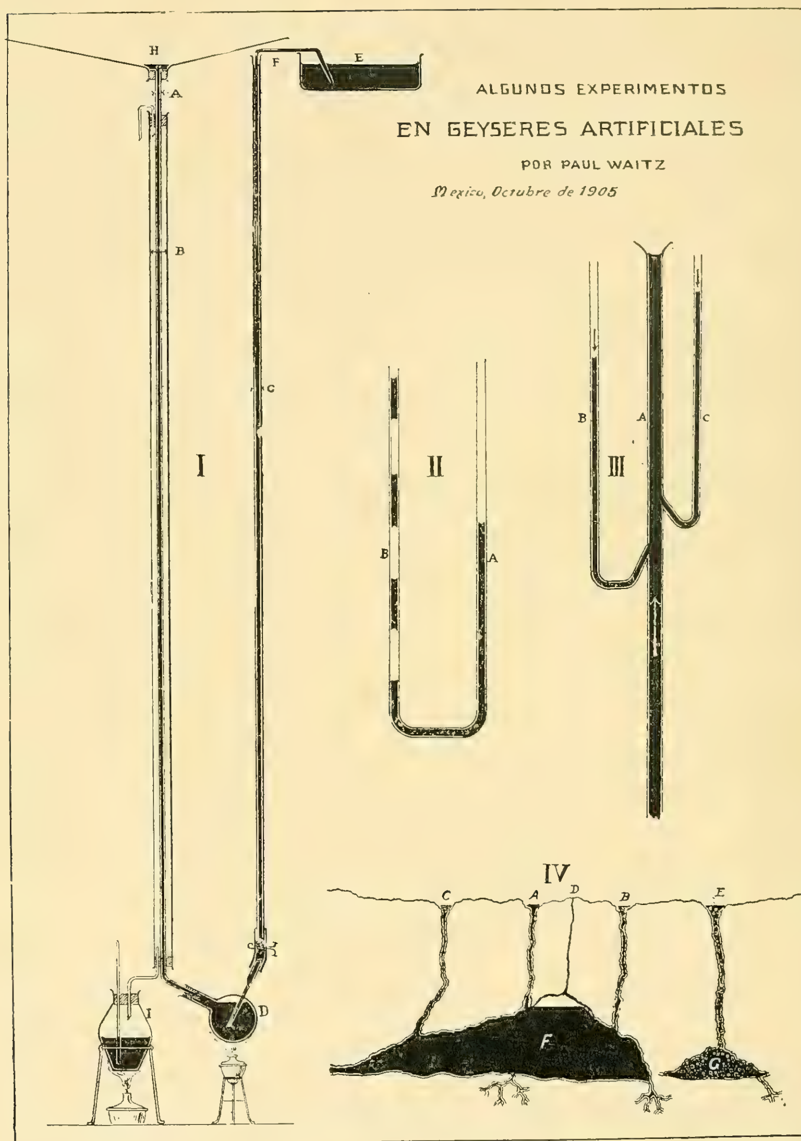
Las capas contienen fragmentos arredondados de otras rocas, indudablemente arrancados de las paredes de la chimenea, cuyos fragmentos, ya angulosos, ya arredondados, son de rocas andesíticas, de basalto igual al de las paredes occidentales del cráter, fragmentos y bombas de basalto negro que viene del residuo de magma, donde se verificó la explosión, y por último, bolas y pedruzcos esquinados de una roca gris, conteniendo gruesos cristales porfiríticos de feldespato, de hornblenda y de biotita, que referimos á una andesita de piroxena y hornblenda, que, á su vez, abunda en las vastas regiones volcánicas de Michoacán, y es más antigua que los basaltos de la Corucha.

Es indudable que el Axalapazco de Tacámbaro ha soportado los efectos prolongados de una activa erosión que ha suprimido una gran cantidad de material de la explosión acumulado alrededor del orificio. La roca de la Corucha, por su dureza, ha mantenido aún vigorosas las formas primitivas de la cavidad, y que en un tiempo se vieron, en los bordes, cubiertos de un grueso manto de tobas, de las que todavía se conservan restos, como capas no interrumpidas que van de los bordes más bajos hacia la mayor altura, indicando su posición la pendiente original del terreno.

No es nuestro deseo entrar aquí en explicaciones so-

bre la formación de los cráteres de explosión que hemos convenido en llamar Xalapazcos. Los cráteres de explosión se encuentran en regiones volcánicas, de larga historia de evolución; se supone que causas muy locales han favorecido ó determinado la manifestación volcánica, cuyo resultado final es la formación de un gran cráter, y por último, que la fuerza de la explosión se halla de tal manera localizada, que es incapaz de engendrar movimientos ó rupturas en el terreno en que se produce, de tal modo, que sólo se concentra en un tubo ó chimenea de pequeño diámetro. El cráter de explosión de Tacámbaro, como todos los de su especie, abrió un sacabocado en las rocas de la Corucha, sin dar lugar á movimiento alguno en las rocas, en las cuales se abrió la chimenea.




ALGUNOS EXPERIMENTOS
EN GEYSERES ARTIFICIALES
POR PAUL WAITZ
Mexico, Octubre de 1905
H
A
B
C
E
F
D
I
II
B
A
III
B
A
C
IV
C
A
D
B
E
F
G

ALGUNOS EXPERIMENTOS EN GEYSERES ARTIFICIALES,

por Paul Waitz.

Estudiando la región geyseriana de Ixtlán de los Hervores, al N. del Estado de Michoacán, he hecho algunas veces observación de un fenómeno, sin encontrar por de pronto una explicación satisfactoria. Tampoco he encontrado en la literatura sobre los geyseres nada referente á tales fenómenos.

Creyendo que estas observaciones, con su explicación física, den luz para los fenómenos geyserianos, he construido un geyser artificial, que imita en escala pequeña los fenómenos naturales. De ser correcta mi idea, solamente podrá, desde luego, aplicarse para la región geyseriana de Ixtlán, y es necesario declarar que no es propio generalizar teorías sacadas de casos en una localidad; porque de varios modos se puede explicar y demostrar el fenómeno de los geyseres. Solamente un estudio detallado y observaciones cuidadosas— algunas veces ni éstas,— pueden dar una probabilidad de que tal ó cual teoría sea la correcta.

El camino real de Zamora á Ixtlán sigue, en la cercanía de Ixtlán, al pie de una serie de cerros de roca basáltica, y

está poco elevado sobre el nivel del valle en que corre el río Duero. A unos dos y medio kilómetros antes de llegar á Ixtlán, pasando un puente de piedra, se encuentra, al lado del camino, el primer pozo pequeño de lodo.

Allí es el principio de la faja geyseriana, que siempre al lado izquierdo, al Sur del camino real, de 100 hasta 150 metros de ancho, llega hasta Ixtlán, y también ocupa la parte oriental de la población.

En esta zona larga y angosta, he encontrado unos 600 geyseres, hervideros, manantiales calientes y restos de otros ya extinguidos.

En Abril y Junio de 1905 que visité la región, unos 400 estaban en actividad ó presentaban indicios de actividad, conteniendo en sus embudos agua caliente. Unos 200 y muy probablemente más, tenían el aspecto de estar apagados.

Como geyseres propiamente dichos, he podido comprobar unos 13; además, se han encontrado unos 50 embudos y conos ó volcancitos de lodo más ó menos activos é intermitentes.

Pozos que hierven permanentemente, he encontrado unos 15.

Pero como se cambian de día en día todos estos números, se puede hacer constar, observando diariamente nuevos desprendimientos de vapor cerca de otros recientemente apagados; nuevos volcanes de lodo y otros recientemente apagados á causa de pisadas de animales ó de una piedra tirada sobre el cono.



Con una ligera inspección se puede observar una agrupación sorprendente.

En el Sureste de la pequeña población de Salitre, existe el núcleo de los pozos en un terreno limitado. En un lugar de 500 metros de largo y 100 hasta 150 metros de ancho, se encuentran 250 hasta 300 pozos activos ó apagados. Al Oriente y al Poniente de este grupo, se encuentran más ó menos alineados los restantes 300 ó 400 pozos.

Además, algunas veces se reunen en estos tres grupos unos pozos, que no solamente por su cercanía local forman un grupo pequeño, sino también para el observador concienzudo parecen estar en conexión interna.

Esta conexión interna se manfiesta algunas veces de un modo interesante.

En algunos grupos, en los cuales hay un geyser intermitente, se puede notar en el período de quietud del geyser, que los otros tubos están llenos de agua caliente; pero en el momento en que empieza la erupción del geyser, se vacían los otros, quedando vacíos hasta el fin de la erupción.

Estos grupos se encuentran frecuentemente.

El agua, en algunos pozos, alrededor del geyser,* desaparece cuando él trabaja activamente.

Todos los embudos cerca del pozo 4, se vacían, cuando el pozo tiene su período largo de actividad.

Hace mucho tiempo que la gente de Salitre ha observado lo mismo, respecto del pozo pequeño cerca del gey-

* Véase el croquis publicado en el «Livret Guide des excursions du Xe Congrés Géologique International.» México, 1906. «Les Geyseres d'Ixtlán».

ser 7, que surte de agua potable á la población, y respecto del «Pozo Verde» 9, el más grande de todos, que tiene anualmente una sola erupción al principio de la temporada de las aguas, hirviendo en seguida con mucha fuerza y esplendor, mientras que el pantano, al Poniente, cerca del «Pozo Verde,» se agota.

Un poco más complicado es el juego en el grupo del «geyser tritubular» núm. 8; pero también en este agrupamiento hay varios pozos que se secan cuando trabajan los tres geyseres.

La misma observación se hace en la serie de los volcanes de lodo, donde se junta casi siempre un cono con un embudo de lodo, en el cual baja el nivel del agua lodosa, en tanto que empieza la erupción periódica del cono.

Un grupo con los mismos fenómenos, se encuentra más al Este, casi al fin de la línea de geyseres.

Además, creo que todos los pozos que hierven permanentemente son geyseres con muy largos períodos, lo que fué posible poner en evidencia respecto del pozo 2, junto á la «Casa Salitre,» y también respecto del pozo hirviente núm. 4. Algunos otros pozos, en la cercanía de éstos, y aparentemente apagados, se llenan cuando los hervideros acaban su período de actividad. Esto he observado en el dicho pozo núm. 4.

Tomemos uno de estos grupos, por ejemplo el geyser núm 7, con su pozo subordinado cerca de la población de Salitre, y observemos sus juegos:

Si el geyser ha acabado su período de erupción en este momento, el agua brotada refluye con gargarismo en la boca del geyser, y el pozo subordinado, vacío durante

la erupción del geyser, se llena lentamente con agua de una temperatura de 80°. (Estando la boca del geyser rellena con piedras, no se pudo tomar la temperatura de su agua, pero sin duda no está muy abajo el nivel del agua). En los dos tubos empieza á subir el agua y á calentarse.

Después de una hora, el agua aparece también en las piedras del tubo del geyser y el nivel está á la misma altura que en el tubo sobordinado; los dos niveles suben igualmente.

La temperatura en el geyser, es de 90 á 91°; en el otro pozo, 88 á 89, y sube lentamente en los dos, en el geyser con más aceleración.

Después de otros tres cuartos de hora, suben burbujas más numerosas en el tubo del geyser, y el nivel del agua se mueve algunas veces violentamente.

También en el tubo subordinado aparecen algunas burbujas. El nivel varía un poco, sin bullirse, subiendo y bajando.

La temperatura del geyser es de 92.5; del otro tubo, de 91.5; después se aumenta el número de las burbujas en el tubo del geyser, la ebullición es más fuerte, el nivel en el otro tubo se mueve con más rapidez y fuerza, la temperatura sube lentamente con uniformidad, sin interrupción.

Ahora está ya por empezar la erupción del geyser. Originan la actividad algunas burbujas grandes de vapor, sigue un hervor fuerte de agua á 93.5. Las gotas saltan á un metro y medio hasta dos metros de altura, y el embudo abierto del geyser se llena con agua desbordante.

Muy poco tiempo antes que hayan subido las primeras

burbujas grandes en el geyser, ha bajado el nivel del tubo subordinado á él. En el momento de la erupción, sigue bajando más, y durante la erupción se agota enteramente el tubo angosto del pozo tributario.

La erupción dura más ó menos 5 minutos; después, acabándose la fuerza explosiva del vapor, el agua refluye al embudo del geyser con un sonido parecido al gargareo, y en el tubo subordinado aparece de nuevo el nivel del agua.

Después de dos horas de quietud, en las cuales sube el agua calentándose, empieza de nuevo á trabajar el geyser.

En mi opinión, es acertada la interpretación del fenómeno geyseriano, que ya dió MacKenzie en el año de 1811. Su teoría ha sido mejorada por Bischof y Nidd von Kruga.

Lo esencial de la teoría de MacKenzie, es: que el tubo del geyser en la profundidad desemboca en una cavidad que sirve de depósito de agua y de caldera. El tubo del geyser es curvo y desemboca de tal modo, que el agua retiene el vapor en la caldera hasta el momento en que la presión es bastante fuerte y puede levantar la columna de agua del tubo.

Alcanzada la tensión necesaria, entra el vapor en el tubo, levantando la columna de agua. El líquido, saliendo de la boca angosta por el embudo abierto, se desborda de éste. Por eso se disminuye la presión del vapor en la caldera que obliga al agua, demasiado caliente para esta presión (menor), á empezar á hervir impetuosamente, y se efectúa entonces la erupción.

Esta teoría de MacKenzie se excluyó cuando en el año de 1846, Bunsen y Descloizeaux estudiaron y dieron la in-

terpretación del fenémeno del Gran Geyser de Islandia. Pero la teoría geyseriana de Bunsen es acertada sólo para el Gran Geyser; su generalización sobre todos los geyseres, sin duda es errónea.

En los tiempos más modernos han estudiado, principalmente americanos y alemanes, los fenómenos geyserianos, examinando detalladamente las alteraciones que produce una solución de jabón ó una perturbación por piedras tiradas en las bocas de los geyseres. Para estos estudios se han construido varios modelos de geyseres artificiales, de los cuales cada uno es capaz de demostrar algunos fenómenos especiales.

Hay un trabajo, acompañado de ilustraciones, sobre los varios tipos de geyseres artificiales, por el Prof. Andreae, en el Neues Jahrbuch, 1893, tomo II, pág. 1.

Antes de dar una descripción de mi aparato, que se asemeja algo al modelo 2 del Prof. Andreae, quiero adelantar algunas noticias.

Mi aparato debe demostrar y explicar principalmente el hundimiento del agua en los tubos subordinados, en el momento en que empieza la erupción del geyser. Dicho fenómeno se podría explicar por una fuerza aspirante producida por el vapor en el tubo del geyser. Para que resultara este efecto de aspiración, deberían juntarse los tubos subordinados, viniendo de abajo al tubo del geyser, bajo un ángulo corto, como se ve en el dibujo III.

Pero por lo menos es dudoso que 10 á 20 tubos subordinados, que rodean el tubo del geyser, se junten con éste de dicho modo.

Otra explicación, pero que no puede servir para de-

mostrar la *simultaneidad* de la erupción y del hundimiento en los tubos respectivos, mencionaré más adelante.

Mi interpretación de este fenómeno, se funda en una ley física bastante conocida, pero todavía en la práctica poco aplicada.

En un tubo comunicante, doblado en forma de una U, que contiene agua, están los niveles en los dos tubos en una línea horizontal. Pero por ejemplo, vertemos primeramente mercurio, y después, en *un solo* tubo, agua; los niveles naturalmente tienen diferentes alturas, el nivel del agua está más levantado que el del mercurio.

Tal diferencia vemos también cuando ponemos en el fondo agua y encima echamos en *un* tubo petróleo ó aceite ú otro líquido de peso específico más ligero y que no se mezcle con el agua. En este caso está el nivel del petróleo más alto que el del agua en el otro tubo.

Cambiaremos el aparato de tal modo, que en *un* tubo entre por abajo un gas por ejemplo, aire; estando el tubo bastante angosto, se aumenta la diferencia de los niveles, porque la diferencia entre los pesos específicos del agua y del aire es más grande.

En este caso observamos relaciones, como se ve en la fig. II.

El nivel del agua en *un* tubo, está elevado aproximadamente á la suma de la altura de las burbujas sobre el nivel del otro tubo; digo aproximadamente, porque también el gas tiene su peso. Se debería por eso, prescindiendo de la influencia de la fuerza de las superficies de los líquidos, descontar de la suma de la altura de las burbujas el peso

de éstas, calculadas como columna de agua de un diámetro igual al diámetro del tubo.

Este principio físico se emplea hace pocos años para una bomba de aspiración con mercurio. Este aparato me ha dado la idea para mi interpretación de los fenómenos de Ixtlán.

Mi aparato geyseriano consiste de un depósito D (fig. I) de agua, en el cual se forma el vapor —este depósito es un matraz ó alambique con dos aberturas— de un tubo A— el tubo del geyser,— al cual envuelve un tubo más ancho, B, para tener caliente el tubo A con vapor. El tubo del geyser tiene en su extremidad superior un embudo muy abierto, H.

Estas tres partes forman el geyser; las dimensiones son las siguientes:

Matraz, de diámetro de 13 centímetros y de una capacidad de 1,200 centímetros cúbicos.

Tubo, de largo de 1.12 m.; de diámetro de 12 mm.

Embudo H de ángulo de 140°; diámetro de 1 m.

Este geyser sencillo trabaja con períodos bastante regulares que se siguen cada 6 minutos 30 segundos. Diez observaciones, hechas en la mañana del 27 de Septiembre del año en curso, se han efectuado en 1 hora y 10 minutos.

Las erupciones vienen á producirse cuando se ha formado una cantidad considerable de vapor en el matraz. Este vapor tiene naturalmente debajo de la columna de agua del tubo, una temperatura más alta que la que existiría sin presión. De este vapor suben burbujas grandes por el tubo y levantan el agua en él.

Si estuviera el tubo más largo, soportaría siempre la misma columna de agua sobre el vapor. En este caso se forma permanentemente vapor, que en el tubo lentamente sube, pero nunca puede producir el vapor explosiones intermitentes.

Explosiones periódicas ó intermitentes produce el geyser, cuando la columna de agua se puede disminuir, y esto es posible, cuando el tubo es bastante corto y el agua puede desbordarse del tubo, sea que desborde, escurra y ya no sirva para el geyser, ó sea que en un embudo abierto se desparrame. En los dos casos se disminuye la presión del vapor en la caldera, y por esta diminución de la presión empieza la ebullición del agua en el depósito. Por el exceso de calor se efectúa una ebullición repentina y una explosión, siendo ésta la causa de la erupción del geyser. La ebullición y explosión consumen el exceso del calor del agua y reducen su temperatura al término normal de la ebullición. La fuerza explosiva del vapor se ha gastado; una parte del agua del tubo recae al depósito, y estando un poco más fría, condensa el vapor en la caldera. Por eso se forma un vacío en el depósito que aspira el agua del tubo. La aspiración se aumenta en proporción del agua de menos temperatura, que entra al depósito.

Al efectuarse esta aspiración, refluye el agua del tubo á manera de un golpe con mucha fuerza al depósito, y llena éste enteramente, cuando no arrastró la aspiración algunas burbujas de aire.

Aquí tenemos una verdadera aspiración en el aparato; en los geyseres naturales se disminuye esta fuerza á causa de la longitud del tubo y de la temperatura muy elevada

en todo el terreno, en que se encuentra el tubo y el depósito del geyser.

Por eso nunca se observa en Ixtlán una aspiración tan fuerte como en el geyser artificial. Pero vemos también, que esta aspiración se efectúa al fin de la erupción del geyser. Por eso no podremos usar esta observación para la interpretación del fenómeno, porque en los tubos subordinados el agua desaparece simultáneamente al comenzar la erupción del geyser.

Para interpretar este fenómeno sincrono, necesitamos complicar nuestro aparato.

El principio físico es el mismo que el de dichos tubos comunicantes.

Por la segunda abertura del matraz hacemos entrar un tubo largo, introduciéndolo hasta una profundidad, que quede debajo del espacio que puede llenar el vapor.

El tubo es de tal tamaño, que su abertura superior queda más arriba que la boca del tubo del geyser.

El geyser trabaja ahora del mismo modo que antes.

Alcanzando la temperatura en el depósito el punto de la ebullición bajo la presión de las dos columnas de agua, se forma vapor, que se acumula en la encorvadura del matraz hasta el momento que puede entrar al tubo del geyser. Al principio las burbujas son pequeñas, pero aumentan rápidamente y entonces se puede ver, que el nivel en el tubo subordinado baja por una altura igual á la suma de las alturas de las burbujas.

Cuando disminuye la presión de la columna de agua suficientemente por las burbujas de vapor, empieza la erupción explosiva del geyser. En este momento baja mucho

el agua en el tubo subordinado, subiendo y descendiendo rápidamente en una altura muy debajo del nivel normal, la cual corresponda á la altura de la columna normal, menos la suma de las alturas de las burbujas de vapor que suben en el tubo del geyser.

Este descenso del agua en el tubo subordinado, empieza al mismo tiempo que la erupción del geyser, y debe empezar en este momento, según la mencionada ley física.

También en este aparato se efectúa la aspiración en el tubo del geyser con el golpe, al terminarse la actividad de él. En el tubo subordinado no se observa una aspiración considerable, sino más bien, como efecto del golpe, una repulsión bastante fuerte, por la cual sube el agua sobre el nivel normal. Como he dicho antes, se observan estos últimos fenómenos en el geyser artificial, pero no se notan de la misma fuerza en geyseres naturales.

Además, he agregado á mi aparato un sifón de tubos capilares, con el cual puedo comunicar el aparato con un depósito ancho de agua. Por este sifón renuevo siempre el agua, que el geyser haya perdido en forma de gotas y de vapor, durante la erupción, conservando, de consiguiente, las dos columnas siempre al mismo nivel, sin que el agua que entra continuamente, en pequeña cantidad, á causa de la capilaridad del sifón, altere en mucho el trabajo del geyser.

He arreglado el aparato de tal modo, para que durante un tiempo considerable las condiciones sean las mismas. Una adquisición útil sería una fuente regularizadora de calor para producir siempre la misma cantidad de calor.

Comparando las condiciones y relaciones naturales de Ixtlán, con nuestro aparato, se ve lo siguiente:

A una profundidad indeterminable, existen cavidades más ó menos considerables, en las cuales se filtra agua probablemente vadosa, es decir, agua que viene de la superficie de la comarca.

La temperatura de la roca, en que se encuentran estas cavidades, es seguramente bastante elevada y más alta que 93°5, temperatura á la cual hierve el agua en Ixtlán.

Esta temperatura puede tener su origen de macizos de roca eruptiva todavía no enfriada; pero es más probable que calienten todo el terreno profundo, emanaciones calientes de ácidos clorhídrico, sulfúrico y bórico, que suben de la profundidad probablemente por grietas.

La faja angosta y larga en que se encuentran todos los geyseres alineados, hace probable la existencia de estas grietas.

Importante es la forma y principalmente la profundidad reltivá en que desembocan los varios tubos á las cavidades de los depósitos.

Vemos en la figura IV, una cavidad alargada, en la cual desembocan varios tubos en diferentes profundidades.

El vapor que se forma en el depósito, llena la bóveda de la cavidad. Un tubo delgado D, que desemboca en la parte más alta de esta bóveda, es naturalmente en la superficie una emanación de vapor, que casi siempre trabaja.

El tubo A, que desemboca más abajo, es el geyser intermitente. Los otros dos tubos, B y C, son tubos subordinados, porque desembocan más abajo que el tubo del geyser.

Un hervidero permanente, es el tubo E, porque en él

suben siempre todas las burbujas de vapor, que se forman en el depósito.

Encima de todos los tubos tenemos embudos abiertos. El embudo del geyser hace posible que disminuya la presión sobre el agua en el depósito, cuando se ha llenado la bóveda con vapor y entran las burbujas en el tubo, extendiéndose después el agua en el embudo. Por debajo entran al depósito venas de agua, que siempre llenan de nuevo la cavidad.

Todo el terreno tiene una temperatura elevada, que ya se nota desde las partes superficiales; el agua en los embudos está siempre cerca del punto de ebullición. Además, siendo los tubos largos y angostos, se enfría menos el agua, y por eso es menor la diminución de la temperatura del vapor en la bóveda después de la erupción, á causa de lo cual no puede efectuarse una aspiración tan fuerte, como resulta en nuestro geyser artificial por la condensación de vapor.

La duración de las erupciones en Ixtlán, cambia en los diferentes pozos, pero en todos los geyseres no es larga (entre 2 y 10 minutos); eso es un indicio, que las cavidades y depósitos de agua no son muy grandes.

Los períodos largos de quietud son pruebas que la temperatura del terreno en que están situados los depósitos no es muy alta, y que la provisión de agua en la profundidad no es muy grande. La diminución de los períodos de quietud en los tiempos de lluvias, indica que el agua es de origen superficial, por lo menos en su mayor parte.

Al fin debo acentuar de nuevo, que es imposible dar

la misma interpretación para todos los geyseres. Solamente un estudio detallado de las relaciones locales puede resolver la cuestión á qué sistema pertenecen los geyseres de una localidad.

Los fenómenos en los tubos subordinados comprueban con mucha probabilidad mi opinión, de que hay en Ixtlán depósitos y calderas en que desembocan los tubos de los geyseres, como lo hace constar en su teoría Mackenzie.

Sin embargo, es posible que algunos de los geyseres de Ixtlán no pertenezcan á este sistema de geyseres.



SOLUCIÓN

á las cuestiones técnico-geológicas, propuestas por el Sr. Lic. D. Luis Méndez, Presidente de la Academia de Jurisprudencia y Legislación, sobre si son denunciables los mantos de carbón de piedra y los depósitos de petróleo que existan en terrenos de propiedad particular,

por el Ingeniero Manuel Fernández Guerra.

Señores:

Sabéis que en la Academia de Jurisprudencia y Legislación se discute ahora si es posible y conveniente expedir una ley que declare denunciables el carbón y el petróleo, equiparándolos así á los demás minerales. El Presidente de la Academia presentó un cuestionario para que los Señores Ingenieros de la Secretaría de Fomento se sirvieran emitir su opinión acerca de las cuestiones propuestas. Siendo yo uno de los autores del proyecto de ley que se debate, me permití contestar el cuestionario con el modesto trabajo que hoy tengo el honor de someter á la consideración de Ustedes. Debo advertir que al resolver las cuestiones, no me ceñí estrictamente á lo que el criterio técnico sugiriera, sino que pretendí resolver el cuestionario en forma tal que abarcase la resolución de la cuestión propuesta por

la Secretaría de Fomento. Es decir, quise dar las bases técnicas de la resolución jurídica.

Sentado lo anterior, paso á dar lectura al cuestionario, á la carta á que él se refiere y á las soluciones dadas á cada una de las cuestiones propuestas.

Puntos sobre los cuales será conveniente que los Señores Ingenieros de la Secretaría de Fomento, que concurren á estas discusiones sobre yacimientos de carbón de piedra y de petróleo, ilustren á la Academia.

I.

Dado que parece ser requisito esencial de toda concesión minera, en terrenos vírgenes, que en la superficie de los mismos haya indicios de la existencia de un criadero, se pregunta si los tales indicios pueden tenerse en terrenos no explorados, cuando se trata de los yacimientos de carbón de piedra y de los depósitos y fuentes de petróleo.

II.

Especialmente respecto del petróleo, si el hecho de presentarse en la superficie del terreno ó en sus aguas alguna cantidad de aceite mineral, es indicio bastante para fundar el otorgamiento de una concesión en aquel lugar.

III.

Si las exploraciones del Ingeniero para sólo el hecho de concluir que en un lugar determinado existe un yacimiento subterráneo de carbón de piedra ó de aceite mine-

ral, son las mismas que para determinar la existencia de las vetas de oro, plata ú otros metales.

IV.

En caso de no ser los mismos los procedimientos de exploración, en qué se diferencian, y cuáles son las causas de la diferencia.

V.

¿La fuente de petróleo, una vez descubierta ó abierta, requiere para su explotación trabajos subterráneos, propiamente mineros?

VI.

¿Cuáles son las regiones que hasta hoy son conocidas como carboníferas ó petrolíferas en la República, y desde cuándo son conocidas?

VII.

En cuáles de esas regiones se han creado y existen explotaciones formales de una y otra substancia.

VIII.

¿Está ya completamente explorada la región carbonífera de la cuenca del Sabinas?

IX.

¿Conócese, al menos aproximadamente, la cantidad de carbón descubierta en la parte explorada, y cuál sea?—¿Cuál es su clase?—¿Cuál es el espesor medio de los yacimientos?—¿Cuál es el volumen anual que en carbón natural y coke entregaron al comercio en el año de 1904 las explotaciones existentes?

X.

¿Cuál es el consumo anual de la República en carbón y en coke?—¿Cuánto de ambos combustibles se importó el año pasado, y cuánto se produjo en el país?—¿Cuáles son sus costos originarios de producción?

XI.

¿Estiman los señores Ingenieros, verídicos los datos suministrados por el Sr. Edwin Ludlow en la carta que se ha leído á la Academia?

XII.

¿Tienen los señores Ingenieros alguna opinión, y cuál sea, sobre la extensión de las zonas que sería conveniente dar á las autorizaciones para la exploración del petróleo, y para la exploración y explotación del carbón de piedra?

XIII.

¿En qué proporción están las pertenencias mineras que se explotan, respecto de las que están concedidas según la ley vigente?

México, Agosto catorce de mil novecientos cinco.

Traducción de una carta del Sr. Edwin Ludlow, Gerente General de la Mexican Coal and Coke Company.

Las Esperanzas, Coahuila, México, Julio 11 de 1905.

Sr. Lic. D. Luis Méndez.

2.ª Damas, núm. 1.— México, D. F.

Querido Señor:

Refiriéndome á la discusión que tuvimos en el despacho de Usted sobre el efecto de la ley que se propone hacer denunciable al carbón de piedra, le agradecería á Usted mucho si pudiese mandarme el proyecto de tal ley, para permitirme estudiarlo y dar una opinión más inteligente en cuanto al efecto que la ley tendría para las compañías explotadoras del carbón.

El carbón en los Estados Unidos, y de hecho en todos los países cuyas leyes no son conocidas, no se coloca nunca en la lista de los metales preciosos denunciables, sino que siempre se tiene como parte del valor del suelo y pertenece al dueño de la superficie con pleno derecho para disponer de él.

La conveniencia para ponerlo en esta condición, procede de que toda Compañía Minera de carbón necesita, para desarrollar su propiedad, hacer gastos considerables para la extracción y la preparación apropiadas del carbón, hasta ponerlo en el mercado; y de que la utilidad por tonelada en el carbón mineral es tan pequeña, que solamente con

un tonelaje muy grande, ó sea de un mil á cinco mil toneladas diarias, es como las grandes compañías pueden emprender el establecimiento de las plantas que necesitan, y para esto deben tener delante de sí yacimientos que les den trabajo de 50 á 100 años, para poder rehacerse de los excesivos desembolsos que requiere tal clase de minas.

Las pequeñas instalaciones de plantas y los altos valores por tonelada que se obtienen en las minas de metales, hacen sus condiciones completamente distintas de una mina de carbón, en la que un mil toneladas por día apenas alcanzan para pagar los gastos de explotación.

En el caso de nuestras minas propias en este lugar, la Compañía gastó sobre dos millones de dollars (oro), que no hubieran tenido garantía ninguna, si la Compañía no hubiera estado completamente segura, por las exploraciones hechas, de que en la propiedad que había comprado —y que un buen título ampara— hay á lo menos cincuenta millones de toneladas de carbón comercial, que le prometen un trabajo de 50 á 100 años, durante los cuales el fondo de desamortización podrá llegar á reembolsar el capital invertido.

La cuestión para hacer denunciables las tierras carboníferas, se liga, pues, necesariamente, con la de superficies suficientemente grandes para que una Compañía pueda quedar garantizada en las inversiones que haga para la extracción económica del carbón, no sólo en los yacimientos inmediatos al pozo que se proponga habilitar, sino con tierras adicionales á las que la maquinaria que instale en sus primeros tabajos pueda ser transladada cuando se agote el área que los circunda.

Usualmente se considera en los Estados Unidos que

cada acre de tierra contiene 1,000 toneladas de carbón por pie de espesor, y el espesor medio de los mantos que pueden trabajarse en este país, con excepción de unos pocos manchones, varía entre 3 y 4 pies.

Una explotación que produzca mil toneladas diarias ó trescientas mil toneladas anuales, agota cien acres de tierra carbonífera anualmente; puede, por consiguiente, comprenderse que las superficies ó áreas, ó son muy grandes, ó no prestarán seguridad de inversión para la Compañía que intente trabajarlas.

El sistema de dividir la tierra en pequeñas áreas, se ensayó por el Gobierno de los Estados Unidos en el Territorio Indio, cuando se propuso abolir la propiedad de las tribus hace cosa de seis ú ocho años.

El método que se empleó fué el de establecer ingenieros especialistas en el campo, para levantar cuidadosamente el plano de toda el área de carbón explotable en la Nación Choctow.

Esa tierra fué segregada de toda adjudicación, y á los indios que tenían títulos de posesión se les dieron otras tierras que no contienen carbón.

Entonces el Gobierno dividió las tierras carboníferas en 960 acres y los ofreció en venta.

Cuatro publicaciones se han hecho para obtener postura por estos 960 lotes de un acre, pero ninguna venta se ha hecho hasta hoy, alegando las Compañías que no pueden cfrecer cosa alguna del valor estimado por el Gobierno, en atención á que está el terreno dividido en tan pequeñas áreas, que no les costearía hacer la costosa instalación de maquinaria que se requeriría para explotar el carbón en

cualesquiera de los 960 acres, á menos que se les permita obtener suficiente área adicional adonde transportar sus maquinarias, cuando la primera instalación por tajo ó pozo, haya agotado su trabajo.

En efecto, el Gobierno puso como condición —con el objeto de dividir esa tierra lo más posible,— que ninguno podría comprar más de un lote.

El asunto está ahora esperando la acción del Congreso para modificar la ley de manera á permitir la compra de lotes en mayor número.

Dedúcese que debe de tenerse mucho cuidado en cualquiera ley que tenga por objeto incluir el carbón en las listas de las substancias denunciables, porque si los denuncios son de pequeñas áreas, el único resultado sería que impedirían trabajar el carbón en la amplia escala que necesita serlo, y si se permiten denuncios sin límites de superficie, podrá suceder que una ó algunas personas acaparen todo el terreno á las Compañías explotadoras para adquirir la extensión que necesiten.

La experiencia ha demostrado prácticamente en los Estados Unidos, que el desarrollo mayor se ha obtenido en las comarcas en las que el carbón puede ser comprado del propietario de la tierra.

Este sistema presenta, sin embargo, una dificultad bastante frecuente, pero que puede allanarse por la ley. Consiste en que cualquier pequeño propietario que tenga un terreno enclavado en una área de carbón, rehuse venderlo á la Compañía explotadora que ha comprado las tierras colindantes, impidiendo el conveniente desarrollo de la explotación.

Esto puede prevenirse, dando á las Compañías de carbón el derecho de dominio eminente para continuar sus labores en el subsuelo de las tierras adyacentes, prohibiéndoles tomar más de la que sea absolutamente necesario para comunicar sus propias labores unas con otras, pagando una compensación equitativa por el carbón que encuentren y tomen en el curso del camino de comunicación.

A mi juicio, esto sería suficiente para impedir que se pusiese obstáculo al desarrollo de la explotación de las grandes empresas, y serviría, además, para hacer la explotación subterránea del carbón que pueda hallarse en el subsuelo de otro propietario.

Naturalmente, cualquiera ley que se apruebe, deberá respetar los derechos de las Compañías existentes que de buena fe han adquirido las tierras de este Distrito ó derechos al subsuelo de esas tierras, aunque de hecho no los trabajen, pero con la mira de trabajarlos más tarde.

Ni creo que sería de buena política el establecer cualquier impuesto sobre estas explotaciones recientes, que el país tiene tanto interés en proteger.

En las condiciones actuales de esas empresas, cualquier impuesto sobre sus productos sería para ellas insoportable, económicamente hablando, y podría frustrar sus propósitos de procurar á México combustible de su propio suelo.

Verdaderamente de usted,

(Firmado).— EDWIN LUDLOW, Gerente General.

No pretendo tener todos los conocimientos necesarios para contestar á satisfacción las preguntas formuladas por el Presidente de este distinguido Cuerpo, Señor Lic. D. Luis Méndez.

Impulsado, empero, por el deseo de contribuir con mis escasos esfuerzos á la mejor solución del problema que se estudia en el seno de esa Corporación, por indicación de la Secretaría de Fomento, he acometido la empresa de dar respuesta á las cuestiones propuestas.

Si la solución que doy á cada cuestión con mis conocimientos mineros puede ilustrar de alguna manera el criterio de la Academia, mi trabajo habrá llenado su objeto, y por ello me sentiré satisfecho.

Para facilitar la resolución del cuestionario en su parte técnico-geológica, y dado que él se refiere, tanto al carbón de piedra como al petróleo, se hace necesario, ante todo, precisar las notables diferencias que existen entre ambos combustibles minerales, de los cuales depende ya en gran parte la vida y desarrollo de la industria en el país, y que en lo futuro serán indispensables para el tráfico de la extensa red ferrocarrilera, que crece sin cesar.

El carbón de piedra y el petróleo —salvo sus aplicaciones como combustible, que son iguales,— se diferencian: por su estado físico, composición, origen, distribución geo-

lógica y geográfica; por la forma de sus depósitos y criaderos; por el valor de sus manifestaciones superficiales como indicios de la existencia de yacimientos ó depósitos en el subsuelo; por los medios empleados en la explotación, y por la circunstancia de que los criaderos de carbón de piedra pueden ser justipreciados mediante algunos sondeos solamente, en tanto que los depósitos de petróleo no pueden serlo.

Hay que decir, además, que el carbón de piedra es sólido y el petróleo es líquido; el primero está compuesto de carbón fijo con hidrocarburos volátiles y minerales no combustibles, mientras que el segundo está constituido solamente por hidrocarburos líquidos y gaseosos; el carbón de piedra es de origen vegetal, en tanto que el petróleo de México es, por lo general, de origen orgánico animal; el primero es de edad geológica más antigua que el segundo, pues se encuentra en México, solamente en el Jurásico inferior y en el Cretácico superior, en tanto que el petróleo está del Cretácico superior, al grupo terciario; y, por último, el carbón se encuentra en los Estados de Puebla y de Coahuila, mientras que el petróleo se halla principalmente en la costa del Golfo, en los Estados de Tamaulipas, San Luis Potosí, Veracruz, Tabasco, Chiapas y Campeche. Hay, pues, que hacer un estudio de las diferencias entre uno y otro mineral, si bien con brevedad, para no hacer muy extenso este trabajo.

La forma de los criaderos de carbón de piedra es completamente distinta de la que tienen los receptáculos de petróleo. En efecto, el carbón de piedra se encuentra siempre en capas más ó menos plegadas y dislocadas que se

hallan entre dos estratos de roca; el inferior, de edad más antigua que el carbón, y el superior, posterior á la formación de este mineral, mientras que los depósitos de petróleo son muy irregulares, porque siendo líquido, y estando siempre acompañado de gases, tiende á circular por las grietas de las rocas y á impregnar las partes porosas de éstas, formando así series de receptáculos más ó menos lenticulares, unidos por conductos que tienen dirección é inclinación variables, que se acercan, se alejan ó se cortan unos con otros: así, pues, los depósitos de petróleo con formación tan irregular, están limitados por las partes impermeables de las rocas entre las que ese mineral circula. Además, mientras el carbón, por ser sólido, se encuentra siempre «in situ,» es decir, en el lugar en que se formó, el petróleo, como es un líquido ligero y está impulsado por la presión de los gases, que siempre lo acompañan, emigra del lugar de su formación, ó sea del receptáculo primitivo, y circulando por las grietas y poros de las rocas, tiende á formar varios depósitos de origen secundario, en formaciones más modernas.

Las manifestaciones superficiales que indican la presencia del carbón en el subsuelo, son principalmente los afloramientos de las capas de carbón, ó sean los cortes de estas capas por la superficie del terreno. Las manifestaciones superficiales del petróleo son principalmente pequeñísimos manantiales, es decir, orificios de salida al exterior de la red complicada de grietas por la que circula el petróleo, y el afloramiento de los tramos porosos de las rocas que han sido impregnadas de petróleo, debido á la acción impulsiva de los gases que acompañan á ese mine-

ral. Así es que las manifestaciones del carbón son de muy distinto valor técnico é industrial que las del petróleo; pues en tanto que el afloramiento de un manto de carbón permite localizar con exactitud el criadero á la profundidad, la manifestación del petróleo nada revela respecto á la forma y posición en el exterior de la tierra, del receptáculo primitivo y ni aun de los secundarios, pues las indicaciones del petróleo que afloran, pueden ser solamente la extremidad de uno de los múltiples conductos irregulares que comunican á gran distancia con un receptáculo de petróleo, el cual puede encontrarse muy distante, ya en su profundidad, ya horizontalmente, de la indicación superficial. Por esto es que las perforaciones no se han de hacer forzosamente en los lugares donde aparecen las manifestaciones ó indicios superficiales, ni aun en sus cercanías, sino en aquellos que estudios técnicos muy especiales designen. (The oil on or near the surface of the earth has but little inmediate connection with the large deposit of petroleum. S. H. Stowell. Petroleum. Mineral Resources of the United States. 1883, pág. 192). Efectivamente, las manifestaciones superficiales no indican que el petróleo haya de encontrarse siguiendo las verticales bajadas de estas manifestaciones ó pequeños escurrimientos.

La exploración de los criaderos de carbón se hace por medio de pozos y galerías, y el laboreo se desarrolla en su mayor parte, casi horizontalmente, por tener poca inclinación los citados criaderos. Este laboreo horizontal, cuando los mantos están á poca profundidad, puede ocasionar hundimientos en la superficie del terreno.

La explotación del petróleo se hace por perforaciones

verticales, la mayor parte de las veces profundas, y en todo caso, nunca perjudiciales, ni peligrosas para la superficie del terreno. Esas perforaciones, al cortar los receptáculos de petróleo á las grietas irregulares que sirven para la circulación subterránea de ese mineral, permiten el ascenso del petróleo, merced al impulso de los gases, pues encuentra menor resistencia para su circulación por estas perforaciones regulares y relativamente amplias, que siguiendo por las grietas. A veces el petróleo no llega á la superficie por falta de suficiente presión, y entonces se extrae de los pozos por medio de bombas.

Por último, los criaderos de carbón de piedra, pueden valuarse con aproximación, aun antes de labrar en ellos las galerías exploradoras. En efecto, el carbón se encuentra «in situ,» formando capas de espesor más ó menos variables y de supercie limitada; por lo mismo, haciendo varios sondeos convenientemente localizados, se conocerá: las extensiones de la capa ó capas de carbón, así como el espesor medio de éstas, al promediar los datos proporcionados por los distintos sondeos; y también la calidad media del carbón en vista de los análisis del extraído por cada perforación. Conocidas la extensión y el espesor de las capas, se puede, pues, cubicar con relativa exactitud, llegándose á conocer la cantidad del carbón contenida en el terreno y saber el número de toneladas existentes. Por otra parte, conocida la calidad media del producto, por los análisis efectuados, se puede calcular el valor comercial del manto ó mantos que hayan sido objeto del estudio.

Las perforaciones en los terrenos petroleros no permiten determinar la cantidad de petróleo contenida en el

subsuelo; pues errando este mineral líquido por conductos muy irregulares, una perforación puede permitir la salida del petróleo contenido en receptáculos muy distantes, que nunca han sido cortados por la sonda, y de los que no se pueden tener, por lo tanto, datos relativos á su posición ni á ninguna de sus dimensiones.

Sentado lo anterior, es ya bien fácil contestar el cuestionario que motiva estos apuntes.

PRIMERA CUESTIÓN.

«Dado que parece requisito esencial de toda concesión minera, en terrenos vírgenes, que en la superficie de los mismos haya indicios de la existencia de un criadero, se pregunta si tales indicios pueden tenerse en terrenos no explorados, cuando se trata de los yacimientos de carbón de piedra y de los depósitos y fuentes de petróleo?»

En las regiones carboníferas y petrolíferas de México, tanto en las exploradas como en las que no lo están, hay manifestaciones superficiales que indican la existencia de criaderos de carbón de piedra y de depósitos de petróleo; pero por los motivos ya indicados, las manifestaciones del carbón de piedra permiten localizar el criadero á la profundidad, con bastante aproximación; en tanto que las del petróleo nada indican respecto á la posición subterránea verdadera, ni de los receptáculos primitivos ni de los secundarios de este mineral, «si no se hacen estudios técnicos muy especiales.»

SEGUNDA CUESTIÓN.

«Especialmente respecto del petróleo, si el hecho de presentarse á la superficie del terreno ó en sus aguas alguna cantidad de aceite mineral, es indicio bastante para fundar el otorgamiento de una concesión en aquel lugar?»

Las manifestaciones superficiales del petróleo son indicio bastante para el otorgamiento, no de una concesión de explotación, sino de un permiso de exploración para localizar el depósito ó depósitos de que provengan las manifestaciones. Para el otorgamiento de los permisos de exploración, debe tenerse presente la edad geológica del terreno y que la inclinación de las capas plegadas no sea exagerada, por lo que mira á la estructura anticlinal. (Y. C. White Petroleum and Natural Gas.—C. W. Hayes and William Kennedy, Oil Fields of the Texas Lousiana Gulf Coastal Plan. U. S. Geol. Suv. Serie A. Economic Geology. Vol. 212. 1903, pag. 140).

Las concesiones de explotación deberán otorgarse cuando se haya localizado el lugar de producción y sea dable obtener el petróleo en cantidad comercial.

TERCERA CUESTIÓN.

«Si las exploraciones del Ingeniero para sólo el hecho de concluir que en lugar determinado existe un yacimiento subterráneo de carbón de piedra ó de aceite mineral, son

las mismas que para determinar la existencia de las vetas de oro, plata ú otros metales?»

Las exploraciones son las mismas para el carbón, pero no para el petróleo, pues para éste nunca se hacen excavaciones, sino sondeos á gran profundidad.

Los crestones de vetas metalíferas ó de mantos de carbón, revelan la existencia de criaderos en el subsuelo, que pueden localizarse con relativa precisión. Pero las manifestaciones exteriores del petróleo no conducen al mismo resultado, sino que para localizar los depósitos son indispensables el estudio geológico del terreno y los sondeos en los lugares que ese mismo estudio exija. En una palabra, la guía principal del explorador para el carbón y los metales son los crestones superficiales y demás manifestaciones análogas; y es la guía principal del explorador, para el petróleo, el estudio geológico por medio de perforaciones á gran profundidad.

CUARTA CUESTIÓN.

«¿En caso de no ser los mismos procedimientos de exploración, en qué se diferencian y cuáles son las causas de diferencia?»

Al contestar la anterior cuestión, han quedado ya resueltos los puntos á que se contrae la presente. Debo añadir, no obstante, que cuando se trata del petróleo, el estudio geológico debe de ser prolijo. Debido á que los combustibles minerales se encuentran solamente en algunos períodos geológicos, hay que determinar con exactitud,

mediante investigaciones paleontológicas, la edad del terreno que se estudia, lo cual no es del todo necesario cuando se trata de criaderos metalíferos, por encontrarse éstos en muchos períodos geológicos.

QUINTA CUESTIÓN.

«La fuente de petróleo, una vez descubierta ó abierta, ¿requiere para su explotación trabajos subterráneos, propiamente mineros?»

La explotación de los depósitos de petróleo no requiere obras subterráneas, propiamente mineras; pues, como se dijo antes, la explotación se hace abriendo pozos artificiales que permiten la salida del petróleo al exterior, ya impulsados por los gases, ya por medio de bombeo.

SEXTA CUESTIÓN.

«¿Cuáles son las regiones que hasta hoy son conocidas como carboníferas ó petrolíferas en la República, y desde cuándo son conocidas?»

Las regiones carboníferas conocidas se encuentran en los Estados de Puebla, Oaxaca y Coahuila; en este último, principalmente, en Sabinas. Los terrenos petrolíferos se extienden con grandes interrupciones, desde la hacienda llamada San José de las Rusias, en el Distrito del Centro del Estado de Tamaulipas, para el Ebano en el partido de Valles, en San Luis Potosí; continuando por los cantones

de Uzuluama, Túxpam, Papantla, del Estado de Veracruz, y más al Sur, se extienden por los cantones de Acayucan y Minatitlán, del mismo Estado, y los Estados de Tabasco, Campeche, Chiapas y Oaxaca.

El conocimiento de estas regiones como carboníferas unas y como petrolíferas las otras, es antiguo, pues se encuentran publicaciones que hablan de ellas desde los años de 1870 y 1856, respectivamente.

SÉPTIMA CUESTIÓN.

«¿En cuáles de esas regiones se han creado y existen explotaciones formales de uno y otra substancia?»

Como explotaciones formales de carbón de piedra, existen las de la cuenca de Sabinas, en Coahuila; y de petróleo hay las siguientes: en el Estado de San Luis Potosí, y en el de Veracruz trabaja una Compañía con éxito, en el Ebano y explora en Cerro Azul, Palma Real y Juan Felipe. Otra Compañía hizo exploraciones en Papantla y Cuguas, con éxito. Otra Compañía en Naranjo y Comalteco, sin éxito. Actualmente explora, sin éxito aún, otra Compañía distinta de las anteriores, en los cantones de Acayucan y Minatitlán del Estado de Veracruz, y en varias municipalidades del Estado de Tabasco.

Las cuestiones octava, novena, décima y décimotercera, pueden ser resueltas en parte por los datos estadísticos oficiales; pero otros muchos datos á que se refieren, sólo pueden proporcionarlos las compañías carboníferas de la Cuenca del Sabinas.

DÉCIMOPRIMERA CUESTIÓN.

«¿Estiman los Señores Ingenieros, verídicos los datos suministrados por el señor Edwin Ludlow, en la carta que se ha leído en la Academia?»

Son verídicos todos los datos industriales mencionados en esa juiciosa carta; y es muy cierto también, que una Compañía no puede quedar garantizada en las cuantiosas inversiones que tiene que hacer para la extracción económica del carbón, si no cuenta con superficie bastante grande, que le dé trabajo para un crecido número de años; pero debe tenerse en cuenta, por otra parte, que: el valor comercial de un manto de carbón de piedra puede conocerse con bastante aproximación por simples sondeos, como se dijo ya; en tanto que un criadero metalífero necesita obras de exploración muchísimo más dilatadas y dispendiosas para poderlo valorizar, y no con mucha aproximación. Un terreno petrolífero no puede valuarse sino de una manera muy relativa y eso estando en producción, pues los pozos en producción pueden agotarse repentinamente, sin que se sepa la causa. La conclusión es que: puede estar perfectamente garantizado el capital invertido en la explotación de un manto de carbón de piedra cuando éste ha sido previamente valorizado; que serán siempre aleatorias las inversiones del capital en la explotación de criaderos metalíferos y más aún lo serán las inversiones para explotar depósitos de petróleo, explotaciones que por otra parte son bastante dispendiosas. En comprobación de lo

expuesto, pueden citarse las palabras del señor Ludlow, quien dice en su carta mencionada: «La Mexican Coal and Coke Company» gastó en sus minas sobre $2.000.000.00 oro, que no hubiera tenido garantía ninguna, si la Compañía no hubiera estado COMPLETAMENTE SEGURA, por las exploraciones hechas, de que en sus propiedades hay á lo menos cincuenta millones de toneladas de carbón comercial.»

DÉCIMOSEGUNDA CUESTIÓN.

«¿Tienen los señores Ingenieros alguna opinión, y cuál sea, sobre la extensión de las zonas que sería conveniente dar á las autorizaciones para la explotación del petróleo y para la exploración del carbón de piedra?»

Por los motivos ya indicados, al estudiar las dos cuestiones anteriores, las zonas de exploración y explotación, no deberán ser nunca pequeñas, sino de una extensión superficial suficiente para garantizar en parte el éxito de las Compañías que inviertan su capital en estas exploraciones y explotaciones. Para fijar números, es preciso entrar antes en algunas consideraciones.

Varias veces se ha pretendido en el curso de este estudio hacer palpable la notable diferencia que existe entre el carbón de piedra y el petróleo: es llegado el momento de hacer tangible esta diferencia. No siendo conveniente, por razones que no es del caso mencionar, que una ó dos personas, acaparen PARA NO TRABAJARLOS, todos los terrenos carboníferos y petrolíferos de la República; y siendo necesario, para el mayor y pronto desarrollo de estas explo-

taciones, tan indispensables para el país, garantizar de la mejor manera el éxito para las grandes Compañías que emprendan trabajos para la explotación de estos criaderos, es preciso fijar un límite máximum para cada autorización, límite que debería estar basado en datos relativamente exactos acerca del valor comercial de los criaderos de carbón de piedra y de petróleo. La valorización cabe, sin embargo, únicamente respecto de los primeros: respecto de los segundos, nunca será posible.

Una perforación en terreno petrolífero puede permitir la salida del petróleo de receptáculos directamente cortados por la sonda, y también del contenido en receptáculos muy distantes horizontalmente, cuando esa perforación corte alguno de los conductos irregulares que sirven para la circulación subterránea del petróleo, y que comunican con lejanos receptáculos. Por lo mismo, si un pozo puede permitir la salida del petróleo contenido en un terreno distante, es de «justicia y de equidad» conceder un perímetro de protección alrededor de cada pozo; por lo tanto, deberán ser suficientemente amplias las zonas concedidas para la explotación del petróleo.

Tratándose del carbón de piedra, puede decirse, en términos generales, que: en México, en cada hectárea de terrenos carboníferos, hay sobre nueve mil toneladas de carbón, contenidas en dos ó tres mantos, colocados unos arriba de los otros. Una compañía, para asegurar el éxito de la explotación, necesita extraer sobre 500,000 toneladas por año, y tener garantizada su explotación por unos treinta años, es decir, necesita sobre 15.000,000 de toneladas, ó sea una extensión superficial de terreno de 1,700 hectáreas.

La extensión anterior podría variarse con los datos particulares de cada localidad, que proporcionaran los peritos especialistas del Gobierno.

Siendo naciente en el país la industria del petróleo, no hay datos suficientes, ni aun aproximados, acerca de la cantidad de petróleo que pueda estar contenida en cada hectárea de terreno. En vista de ello, y sobre todo para impulsar esta industria tan necesaria al país, deben concederse á las Compañías que aventuren su capital, zonas amplias á juicio del Gobierno, y en vista de los datos que proporcionen los peritos especialistas y de las circunstancias económicas que concurran en cada caso.

DÉCIMOTERCERA CUESTIÓN.

«¿En qué proporción están las pertenencias mineras que se explotan, respecto de las que están concedidas según la Ley vigente?»

Esta cuestión puede ser resuelta, como ya se dijo, por los datos estadísticos oficiales.

Con la anterior exposición, creo, si bien de una manera breve, haber dado contestación á las cuestiones propuestas.

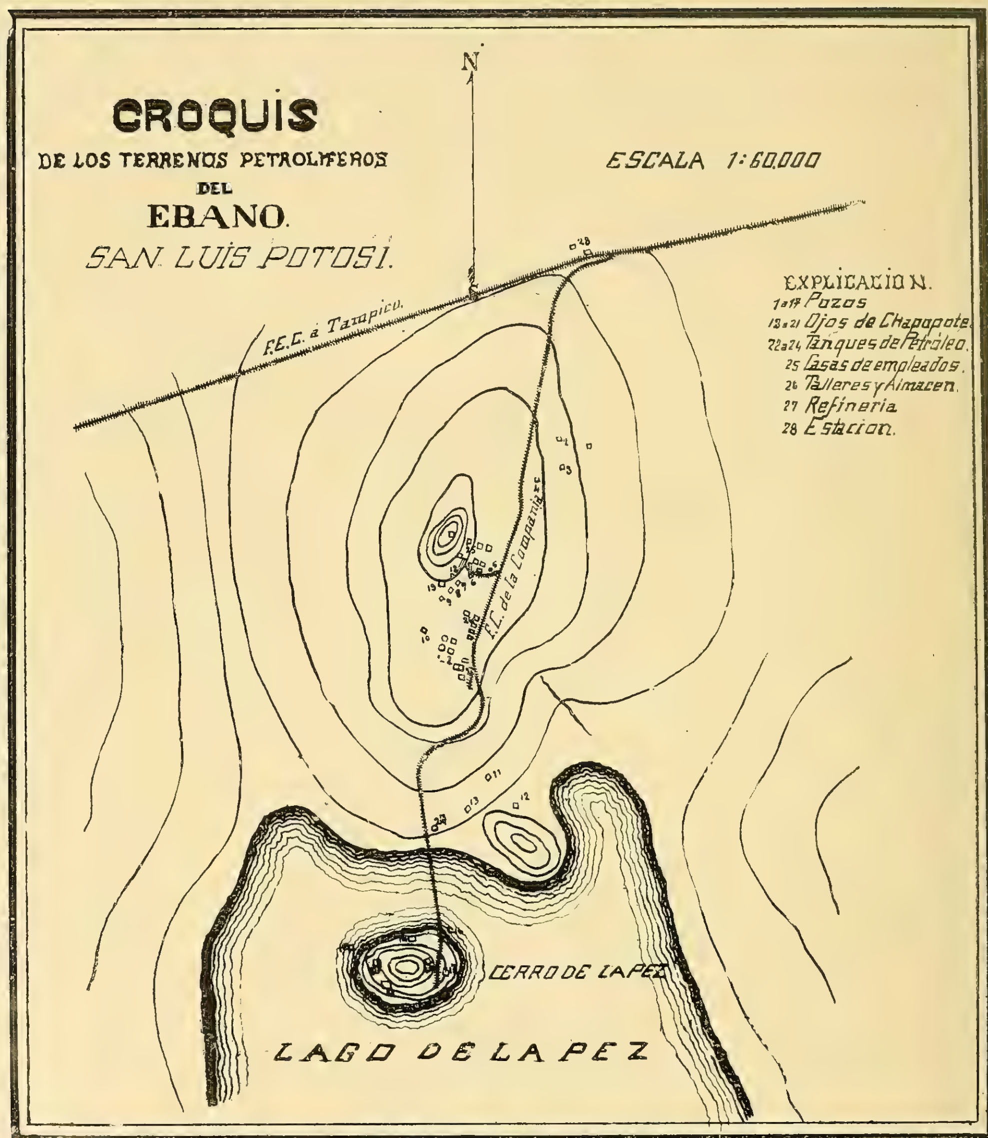
*
* *

Es tal la magnitud de la cuestión que se ventila en la Academia de Jurisprudencia, es tan importante para el desarrollo de nuestras industrias y el buen servicio de nuestros ferrocarriles, que no he vacilado en contribuir con mis

escasos esfuerzos intelectuales, á la magna obra de hacer que el petróleo y el carbón sean considerados del libre denuncio; y precisamente por lo muy raquítico de mis conocimientos, es por lo que vengo al seno de esta ilustrada corporación, en demanda de luces que apoyen mis ideas con razones de tal manera tangibles, que pueda yo asimilármelas y discutir con conocimiento de causa en mi propósito de demostrar que la ciencia geológica amerita y ampara y da los fundamentos necesarios para que la ley sea reformada.

Pido á nuestro Ilustrado Presidente, y á los demás socios de esta corporación, su ayuda intelectual y sus vastos conocimientos, para aplicarlos en la realización de un proyecto que hará florecer nuestras industrias, que harán más fáciles y baratos nuestros transportes ferrocarileros; y por ende, nos hará independientes de los temibles «Trusts» extranjeros.




CROQUIS
DE LOS TERRENOS PETROLÍFEROS
DEL
EBANO.
SAN LUIS POTOSI.
ESCALA 1:60,000
N
F.C.C. á Tampico.
F.C. de la Compañía
EXPLICACION.
1 a 17 Pozos
18 a 21 Ojos de Chapopote.
22 a 24 Tanques de Petróleo.
25 Casas de empleados.
26 Talleres y Almacen.
27 Refinería
28 Estacion.
CERRO DE LA PEZ
LAGO DE LA PEZ

LIGERO ESTUDIO

sobre los pozos de "El Ébano," explotados por la Mexican Petroleum Co.,

por el

Ingeniero de Minas M. Bustamante (h.).

Sobre la línea del Ferrocarril Central, en su división de San Luis, á una distancia de 61 kilómetros al poniente de Tampico, contados sobre dicha vía de comunicación, se encuentra la estación de «El Ébano,» ubicada en terrenos de San Luis Potosí, partido de Valles.

En las cercanías de la estación antes nombrada, la compañía explotadora perforó varios pozos hasta una profundidad de cerca de mil metros, con un diámetro poco mayor de treinta y cinco centímetros, usando para la entubación ó ademe, tubería de hierro de doce pulgadas inglesas de diámetro interior. Estos pozos, lo mismo que los marcados con los números 1, 2, 3 y 4 en el croquis adjunto, han sido abandonados por ahora, en vista de que el asfalto ó chapopote, como se le llama entre los mexicanos, es sumamente espeso y no fluye á la superficie, ni tampoco es posible extraerlo por medio de bombas, como se intentó hacerlo, introduciendo, además, en los mismos pozos unos tubos de hierro, por donde se hacía circular vapor, con el

objeto de que el calor liquidara la substancia y ésta pudiera penetrar con facilidad dentro del cuerpo de bomba.

La presencia del chapopote en esos terrenos, lo mismo que en una gran zona de nuestras costas, tanto del Atlántico como del Pacífico, pero sobre todo, desde Tehuantepec hasta cerca del puerto de Matamoros, era conocida de los primeros moradores de esa parte del continente Americano. Entre nosotros ha existido siempre el comercio de lo que llama nuestro pueblo ¡Chicle Prieto! que no es sino asfalto natural que se recoge de la superficie de las lagunas y esteros de la costa.

Los ríos Pánuco y Tamesí se encuentran surcados en varias partes de su trayecto por manchones negruzcos de aceite mineral y principalmente de chapopote.

Existen multitud de informes y datos sobre estos criaderos de chapopote, que, como pasa con todo lo nuestro, sólo ha servido para aumentar los archivos de los Ministerios, Asociaciones Científicas y venido á acrecentar las ganancias de los que comercian en libros y papel viejo.

Tócales la honra de haber iniciado en nuestro país, los primeros trabajos formales de explotación de esta inmensa riqueza de combustibles líquidos, á las compañías formadas en el extranjero.

Tiene que ser así: la proverbial timidez y falta de confianza en sí propios, que es la base del carácter mexicano, ha hecho y hará todavía por mucho tiempo, que la mayor parte de las fuentes de riqueza naturales del país, vengan á parar en manos de extranjeros, ya sea como propietarios, ya como directores de los negocios: siendo lo más curioso, que son los mismos mexicanos los que más contribuyen

con su saber y trabajo á la prosperidad y al engrandecimiento de esos mismos negocios; la huella de la conquista todavía no se borra, y en todos nuestros actos buscamos la cooperación y, sobre todo, el aplauso, aunque sea mercenario, de los extranjeros.

El resultado poco halagador de los primeros pozos, hizo que los encargados de localizar los nuevos, se fijaran mejor en los accidentes de relieve del terreno y en la dirección de los diques de roca eruptiva que recorren la región, haciéndose aparentes por las exudaciones de chapopote que en cantidad notable se encuentran siempre en sus inmediaciones: resultados alentadores comenzaron á palparse, poniendo de manifiesto que no solamente se debe guiar el buscador de aceite mineral, por las exudaciones accidentales que de dichas substancias se encuentran sobre el terreno, indicando claramente la existencia, pero de ninguna manera el lugar más á propósito para la apertura de una perforación con fines industriales y comerciales sobre todo.

El pozo número 5 dió muy buenas indicaciones, pues al llegar á una profundidad de poco más ó menos de doscientos metros, empezó á brotar el alquitrán mineral con relativa facilidad, alcanzando la producción de este pozo la cifra de sesenta barriles por día. Esta producción se mantuvo por espacio de dos meses aproximadamente, y después fué disminuyendo paulatinamente, hasta que cesó de brotar á la superficie; debo advertir que el chapopote de este pozo es bastante fiuido, pudiéndose extraer con mucha facilidad por medio de bombas.

Los pozos 6, 7, 8 y 9, dieron resultados semejantes, y

actualmente en el 9 se encuentra una instalación que bombea el líquido á un tanque colocado á la altura de cinco metros sobre la superficie del suelo y que sirve para alimentar á los quemadores instalados en el interior del hogar de una caldera tubular, para producir una fuerza de cuarenta caballos de vapor. Como dato práctico, que me fué suministrado por el encargado de la bomba, es bueno saber que bastaba bombear dos horas solamente y obtener combustible suficiente para que la caldera pudiera trabajar con el máximum de su capacidad por 24 horas.

Como puede verse en el croquis adjunto, los pozos del 5 al 9, están colocados casi sobre una curva de nivel, á muy poca distancia unos de otros, y muy cerca de un dique de roca eruptiva de naturaleza basáltica ó fonolítica, que ha sido explotada para extraer piedra, estando señalado con el número 18 en el croquis, por haber allí, además, varias exudaciones.

Los pozos 11, 12 y 13, colocados á un nivel inferior como de sesenta metros más abajo que el de los pozos del 5 al 9, de que ya he hablado antes, producen chapopote más líquido, conteniendo, como es natural, mayor cantidad de petróleos ligeros.

Por último, tenemos el grupo de pozos marcados con los números del 14 al 17, abiertos sobre la parte más baja del terreno y en las inmediaciones ó faldas del Cerro de la Pez, que también es el resultado de las fuerzas y materiales volcánicos que han modificado y trastornado el terreno sedimentario de la localidad, dando nacimiento á la orografía que hoy vemos allí, modificada ligeramente por la erosión.

Todos estos pozos producen grandes cantidades de chapopote.

El pozo número 17 es el más importante, al menos en la época de mi visita, Noviembre del año pasado; tiene una profundidad de 1,700 pies ingleses, alcanzando una producción de mil doscientos barriles por día, según los datos que me proporcionó el Gerente de la Negociación. Se me olvidaba advertir que á un barril le caben, cuando menos, unos 300 kilogramos de chapopote, pero por lo general, tres barriles contienen una tonelada métrica.

El chapopote extraído del pozo número 17, es el más fluido de todos los que se habían obtenido hasta entonces en «El Ébano,» y la abundancia de producción de esta perforación, permite, con seguridad, augurar el éxito de la explotación en esos terrenos.

En la famosa región de Bakú, sobre la scostas occidentales del mar Caspio, se encuentran pozos cuyos productos son análogos á los que se obtienen en la región Potosina, de que me vengo ocupando. En Bakú, la región explotable conocida se extiende en una faja de terreno de 600 metros de ancho por 46 kilómetros de largo; estando contenido el aceite mineral en las capas estratificadas de una arenisca porosa cementada por arcilla, y cuya formación pertenece, evidentemente, al período terciario, como lo demuestran los fósiles recogidos dentro de las capas de caliza marina que contienen á las areniscas productoras de aceite; en las cercanías y en la misma región, se encuentran montañas y diques volcánicos modernos, observándose que los manantiales y pozos abiertos en las cercanías de las rocas eruptivas producen aceites pesados, pero princi-

palmente asfalto: mientras que de los pozos abiertos en la parte central de la zona, el aceite es ligero y de color muy claro, asemejándose por su aspecto al vino de Sauterne; el aceite que se obtiene en los límites de la parte productiva es mucho más obscuro, pasando del color amarillo verdoso al pardo rojizo y, por último, sólo se obtiene asfalto más y más espeso á medida que se acercan las perforaciones al límite extremo del criadero, que es donde se encuentran las rocas eruptivas.

Si echamos una ojeada sobre el croquis adjunto, aparece desde luego que la fijación de los pozos sobre el terreno, no obedece á ningún plan preconcebido; era esto natural al principio, en que las únicas razones para fijar la situación de los pozos fueron la presencia de exudaciones de chapopote en las cercanías de la estación del ferrocarril y las ventajas naturales que se obtenían desde luego haciendo la explotación lo más cerca posible de la vía de transporte que allí se encontraba.

Se cometió la falta imperdonable de no haber hecho un estudio geológico-topográfico de la localidad, que permitiera determinar la dirección de las líneas de los anticlinales y de los sinclinales, siendo estas últimas las más interesantes para el caso concreto que nos ocupa, dando á conocer al mismo tiempo los saltos, fallas é interrupciones que han sufrido las capas sedimentarias, al ser atravesadas, plegadas, cortadas y metamorfoseadas por las rocas eruptivas, etc., etc. Se hubiera venido muy pronto, con este trabajo previo, en conocimiento de que las exudaciones naturales de chapopote, se encuentran siempre sobre el plano de separación de la roca eruptiva con la sedimenta-

ria, marcando estos planos los límites de los compartimentos ó alveolos que encierran en su interior las capas sedimentarias metamórficas que contienen el aceite, siendo racional suponer que los compartimentos muy pequeños serán los más pobres; los hechos observados en Bakú, indican desde luego que la naturaleza del aceite se modifica notablemente en las cercanías de las rocas eruptivas, convirtiéndose en asfalto, y lo que ha sucedido en «El Ébano,» viene á confirmar, de una manera brillante, la universalidad del fenómeno.

Las curvas de nivel que se distinguen en el croquis, indican de una manera clara y evidente que es en la región más baja ocupada por las aguas y que llaman en la localidad, impropiamente, el Lago de la Pez, en donde debe hacerse la perforación de los pozos, procurando localizarlos en las partes más bajas del terreno y que se encuentren á la mayor distancia posible de los diques y centros eruptivos que allí se encuentran, alterando la horizontalidad y estructura de las rocas sedimentarias.

La afirmación que he hecho de que es en la región ocupada por el lago de la Pez, ó mejor dicho, estanque, en donde se debe buscar el petróleo con el mejor éxito que puede esperarse, está enteramente confirmada con los resultados obtenidos en el pozo número 17, á pesar de que contra lo que dicta la experiencia, ha sido abierto sobre la falda del cono volcánico, llamado Cerro de la Pez; pues como he dicho desde el principio de este pequeño trabajo, la única razón de peso que han tenido los Directores de la explotación para localizar los pozos, ha sido la abundancia relativa de exudaciones de chapopote que se encuentran

á inmediaciones de las rocas eruptivas, y la calidad del aceite obtenido hasta hoy, se explica perfectamente.

Al sureste de «El Ébano,» y siguiendo casi la dirección del desagüe natural del estanque de la Pez, sobre el río Pánuco, existe, en mi concepto, la zona petrolífera por excelencia; pues el relieve del terreno es muy ligero, y la circunstancia de formar una especie de cañada con una pendiente suave hacia la costa, la particularidad de no estar cruzada esta cañada por diques, por lo menos aparentes en la superficie, y la presencia de exudaciones de chapopote en los límites naturales de la cañada, y siempre en las cercanías de la roca eruptiva, son los datos en que fundo mi aserto.

Se puede objetar que no se encuentran en «El Ébano» indicios claros de la presencia de los hidrocarburos, que corresponden verdaderamente á la serie del petróleo, y que, en consecuencia, la existencia de él es todavía problemática: para contestar á esto, no hay más que hacerse cargo de las condiciones climatéricas del lugar; allí llueve casi todo el año, y cuando no llueve, hace mucho calor; la temperatura á la sombra, y, por consiguiente, la del aire, llega comúnmente á treinta y cuatro grados centigrados; la temperatura del suelo, durante el día, es naturalmente mucho más elevada; en estas condiciones se producen varios fenómenos que se oponen continuamente á la permanencia de esas huellas; por un lado la oxidación rápida de esos hidrocarburos por la acción de la humedad y la temperatura, y por otro, si falta la humedad, el calor subsiste y volatiliza á los aceites ligeros, dejando como residuo los aceites pesados, que á su vez sufren la influencia de la humedad y

de la atmósfera, convirtiéndose en chapopote; y si esto no bastara para borrar sus vestigios, viene la erosión ó deslave del terreno que completan la obra. También debemos tener presente, que las únicas partes que presentan facilidades para la salida de los aceites, son precisamente los planos de separación entre las rocas calizas y las eruptivas, de donde se deduce que es muy difícil encontrar las huellas de los hidrocarburos líquidos. La consistencia é inalterabilidad del chapopote hacen que sus huellas se conserven mejor, y por consiguiente, sean las que únicamente subsistan. Entre Tampamolón y Tanquían, á una distancia de sesenta kilómetros al suroeste de «El Ébano;» en Tantoyuca, treinta y cinco kilómetros más al sur de los dos puntos nombrados antes, se han abierto pozos de muy poca profundidad y pequeño diámetro, que producen petróleo de color muy claro, sumamente líquido y transparente: estos pozos tampoco han sido localizados, teniendo en cuenta los datos geológicos de la región; pero por una gran casualidad se encuentran á una distancia regular de las exudaciones de chapopote, y por consecuencia, lejos de las rocas volcánicas que cruzan la formación.

Se encuentran indicios claros de la existencia del petróleo, además de las que he señalado ya, en las cercanías de Túxpam, en los alrededores de Papantla y Huejutla, etc., etc.; pudiendo alargar más esta lista, pero sería muy larga y cansada.

De propósito he hecho caso omiso de la constitución geológica del terreno, por tres razones principales: la primera, es que las calizas que dominan entre las rocas sedimentarias en la formación de nuestras costas del Atlántico,

han sido ya descritas multitud de veces, y calificadas por notabilidades científicas, como pertenecientes al período terciario; segunda, que la existencia del petróleo no puede ser puesta en duda por nadie que tenga sentido común; y, por último, los poquísimos datos que pude recoger y analizar en una permanencia de diez días sobre el terreno, no habiendo podido completar el estudio, por las lluvias que se prolongaron extraordinariamente á fines del año pasado, y que no pueden arrojar sino muy poca luz sobre el asunto. Pero siendo este trabajo hecho para ser leído ante la Sociedad Geológica Mexicana, me veo obligado á comenzar esa tarea.

Al penetrar á la pintoresca región, conocida generalmente con el nombre de las Huastecas, llaman la atención del viajero, los inmensos y potentes bancos de calizas fuertemente plegados y trastornados de su posición horizontal primitiva, por las rocas volcánicas, dando al terreno el carácter de abrupto y quebrado, que hace tan bella y majestuosa á esa importante parte del territorio nacional, aun prescindiendo de su variada, rica é imponente vegetación. A medida que nos acercamos á la costa, el terreno se va haciendo plano, las montañas son reemplazadas por lomeríos que ondulan suavemente la formación sedimentaria, viniendo á morir insensiblemente las ondulaciones en las aguas del Océano y arenales de la costa. La parte más montañosa es la que corresponde á los Estados de San Luis Potosí, Hidalgo y Querétaro; la parte perteneciente á los Estados de Veracruz y Tamaulipas, no parece sino un remedo de la anterior, por lo poco quebrada. Dentro del triángulo marcado sobre el terreno por las poblaciones de

Jalpa, Huejutla y Valles, se puede estudiar con mucha precisión la formación geológica, á causa de los saltos y fallas considerables que se encuentran allí á cada paso, así como las innumerables barrancas profundas que con dirección á la costa se encuentran surcando el terreno, y ocupadas en su parte más baja por lechos y corrientes de ríos más ó menos caudalosos, afluentes en su mayoría del río Pánuco.

En las cercanías de Zacualtipán se encuentran con frecuencia, envueltos en toba calizo-arcillosa, fragmentos bastante bien conservados de huesos pertenecientes á los grandes vertebrados cuaternarios, no siendo raro encontrar molares de Elefas y de Llama fósil (*Auquenia Extensus,* Cop.).

El espesor de la formación de esta toba, no pasa actualmente de unos 40 metros, en las cercanías de Tianguistengo; debajo de esta toba, aparece un gran macizo de rocas calizas, cuya potencia pudiera muy bien valuarse por los datos que he recogido en varias expediciones anteriores, cuando menos en 800 metros; estas capas contienen en su mayoría restos fósiles más ó menos difíciles de determinar, y además, lignitas, mineral de hierro y arcillas que contienen impurezas; pero sobre todo, materia orgánica en abundancia; presentando, tanto el mineral de hierro, como la arcilla, un color negro. Estas calizas son, en su mayoría, marinas, pero también las hay de origen lacustre, lo cual indica las oscilaciones que sufrió la región, antes de haber sido trastornada por las erupciones volcánicas á que me he referido antes.

Los fósiles que más abundan y que pueden identificarse con facilidad, son de la familia de las Amonites. Entre

los gasterópodos, encontramos varias especies de *nerineas* y *cerithium,* que no he llegado á clasificar por completo; de la familia de las turritelídeas, tenemos *Escalaria Lamarck* y *Turbonilla Leach.* Entre los lamelibranquios se encuentran numerosos representantes de las familias de las *Arcideas* y *Pectunculideas;* el suborden de las Ostreáceas presenta gran cantidad de formas en esas calizas y, por último, el grupo de las Chamáceas está bastante bien representado por unas curiosas formas de hipurites. En «El Ébano» me fué regalado un ejemplar de caliza, en el que se ve la impresión de una parte de una columna vertebral y unas costillas flotantes, que muy bien pudieran pertenecer á un teleosteano ó á un reptil del orden de los ofidios; pero más me inclino á creer que pertenece á un teleosto, por la analogía que presentan estas impresiones con las que se encuentran en ciertas calizas de los alrededores de Xilitla.

En las pizarras arcillosas que se encuentran en contacto con los mantos de lignita, se encuentran frecuentemente impresiones de plantas y frutos correspondientes, en su mayor parte, al grupo de las dicotiledóneas, mezcladas con helechos y licopodios que corresponden al grupo de las criptógamas.

Hay otra multitud de huellas fósiles que no me ha sido posible clasificar, no obstante que desde hace más de seis años he estado trabajando por lograrlo. Pero de todas maneras queda establecido que las capas calizas de la formación, son del período terciaro y probablemente del cretáceo, así como las lignitas que encierran.

Las rocas dominantes en la región de las Huastecas,

son los basaltos de nefelina, augitofiros, leucitofiros, fonolitas, y accidentalmente las sienitas eleolíticas; se encuentran también, pero en pequeña cantidad, andesitas, traqui-andesitas, conteniendo placas ó escamas bien claras de mica biotita, y por último, rhyolitas.

En la parte correspondiente á «El Ébano,» se encuentran las calizas recubiertas por capas de espesor variable, según la inclinación del terreno, de una toba volcánica muy arcillosa: las capas de caliza de la parte superior de la formación, son bastante margosas y no presentan huellas determinables de fósiles, pero son de color obscuro y sumamente fétidas, lo que manifiesta la presencia de materiales orgánicos en su composición. Las demás capas calizas no son accesibles, y los fragmentos extraídos de las perforaciones demuestran que, á medida que se profundiza la caliza, se hace más dura y presenta frecuentemente la estructura pizarreña; habiéndose atravesado varias veces con los sondeos, capas de roca volcánica que indica las intrusiones del magma eruptivo entre las capas de la roca sedimentaria.

En el contacto de las calizas con la roca eruptiva, la caliza presenta siempre la estructura pizarreña, encontrándose, además, impregnada de chapopote. De los datos obtenidos por los sondeos que allí se han hecho, se saca que hasta la profundidad de 510 metros, que es la del pozo número 17, el macizo de caliza se encuentra dividido en tres partes, separada cada una de ellas por un estrato de roca arcillosa muy deleznable, que contiene al aceite; cada una de estas capas podríamos muy bien designarlas con el nombre de horizontes petrolíferos; el primero se encuentra á

200 metros de profundidad, aproximadamente, y es el que produjo el chapopote de los pozos núms. 5, 6, 7, 8 y 9; el segundo horizonte se encuentra á trescientos veinte metros, tiene mayor potencia y produce aceite más líquido que el anterior, y, por último, el tercero, que fué alcanzado por el pozo núm. 17, es el más potente de todos los conocidos hasta hoy en ese lugar, como lo demuestra la producción actual de ese pozo, que es sumamente notable: 1,200 barriles por día, que representan, aproximadamente, un peso de 400 toneladas.

Las rocas volcánicas de «El Ébano» han sido clasificadas por mi amigo y distinguido compañero el Señor Ingeniero E. Ordóñez, quien las considera como basaltos de nefelina, semejantes á los que dominan en casi toda la región de las Huastecas; por mi parte, acatando la opinión autorizadísima del Sr.Ordóñez, me permito hacer las siguientes observaciones, deducidas de los caracteres de yacimiento, que, en mi humilde concepto, nunca deben despreciarse al hacer una clasificación definitiva de las rocas, con tanta más razón, cuanto que la clasificación de las rocas dista todavía mucho de ser una clasificación natural; las únicas divisiones naturales y fáciles de determinar con el auxilio del microscopio, y muchas veces á la simple vista, son las de los grandes grupos de rocas como Abisales, Hipoabisales, Volcánicas, Clásticas, Sedimentarias y Metamórficas; las subdivisiones de estos grupos es sumamente artificial y sujeta á cada paso á correcciones, al grado que hoy en día no hay dos autores de fama y saber reconocidos, que adopten los mismos principios para la determinación de esos subgrupos.

Puede ser que en el fondo estemos de acuerdo el Sr. Ordóñez y yo; pero para dilucidar el punto y no divagar, me veo obligado á definir lo que entiendo por basalto; doy el nombre de basalto á una roca volcánica de textura aparente homogénea, de grano fino, con fractura ligeramente concoidea, presentando varios colores, siendo los más comunes el negro agrisado, el negro parduzco, el pardo rojizo y, por último, el amarillo sucio, cuando está descompuesto: constituido esencialmente de un feldespato, feldespatoide (leucita ó nefelina), augita y magnetita, algunas veces reemplazando á este último mineral el hierro titanado; muchos basaltos contienen olivino. El aspecto de la roca puede ser macizo, hojoso, careado, esponjoso, etc., etc., y tiene una tendencia á dividirse en blocks ó cuartones de apariencia columnar. Observado al microscopio en lámina delgada, haciendo uso de luz polarizada y con los nicols cruzados, presenta un aspecto de mosaico de colores muy brillantes y manchas casi negras, que se destacan del fondo obscuro del feldespato vítrio que abunda en la masa, como en toda roca de origen volcánico.

La roca volcánica que domina en «El Ébano,» se presenta comúnmente bajo la forma de diques y algunas veces como protuberancias irregulares en la cima de varias de las lomas de la localidad, verificándose aquí, en pequeña escala, el fenómeno que se admira en el famoso pico del Bernal del Estado de Querétaro. La roca presenta en muchas partes la estructura pizarreña, cosa que creo no se encuentra en ningún basalto propiamente dicho; no se encuentran indicios de la existencia de lo que llamamos marmaja, que tan notable se hace en los países donde dominan

los verdaderos basaltos, encontrándose, sobre todo, en los lechos de las más insignificantes corrientes de agua: llama también la atención la facilidad con que se descompone la roca bajo la acción de los agentes atmosféricos. En uno de los flancos de la eminencia más notable que se encuentra dibujada en el croquis y muy cerca del pozo número 6, se han sacado grandes cantidades de roca para balastrear la vía férrea de la compañía, y el resultado del empleo de dicho material ha sido desastroso, por la descomposición rápida que sufre.

Además, la mayoría de los ejemplares presenta un aspecto ó textura porfídica y pizarreña muy marcada, destacándose de la masa de feldespato vítrio ó sanidino, los cristales de nefelina y de augita, y no se sospecha ni en el microscopio la presencia de la magnetita. Estos caracteres los acercan al grupo de las fonolitas, en mi concepto. Por otra parte, también se encuentran en varios lugares de «El Ébano,» sobre todo en Chijol y Piedra Gorda, verdaderos basaltos, leucitofiros y limburgitas.

Los dos primeros horizontes petrolíferos, es decir, las capas que se encuentran á 200 y 320 metros de profundidad, corresponden, según mi sentir, á los dos mantos principales de lignitas que se encuentran en descubierto en las inmediaciones de Huejutla, y luego fuertemente dislocados aparecen en Jilitla; me fundo para hacer esta hipótesis, en que todas las calizas de las Huastecas son casi idénticas, y en la distancia real que separa á los dos mantos de lignitas, tanto en Huejutla como en Jilitla, que es, con muy poca diferencia, 120 metros; por otra parte, tenemos que en todas las Huastecas abundan los indicios

de chapopote en las inmediaciones de las rocas eruptivas, lo que viene en apoyo de mi idea.

El tercer horizonte que se ha encontrado á la profundidad de 510 metros y que dista del segundo 190 metros, corresponderá á otra capa de lignita ó carbón bituminoso, que no se ha descubierto en la región todavía, y que á juzgar por la cantidad de chapopote que se produce en el pozo número 17, debe ser la más potente de las tres.

La transformación de las lignitas y de los carbones bitumonosos en hidro-carburos, se practica actualmente en grande escala y éxito satisfactorio por medio de los aparatos usados para producir lo que se llama gas de agua, que no es sino una mezcla de hidrocarburos de la fórmula $C^{20} H^{32}$, que corresponde precisamente á los hidrocarburos homólogos del petróleo.

No me quiero meter en la descripción y teoría de estos aparatos, por no alargar más este trabajo; bástenos saber que la alta temperatura á que es necesario elevar el combustible mineral para que comience la reacción, se pudo haber realizado á favor de la alta temperatura de las rocas volcánicas que se abrieron paso á través de la formación sedimentaria, el vapor de agua fué generado por la misma fuente de calor y la compresión que indudablemente sufrieron las rocas calizas al cambiar su posición primitiva por la que ocupan actualmente. El agua fué suministrada por la misma caliza, que, como roca sedimentaria, debió contener en sus intersticios grandes cantidades de agua, y además, hay que tener en cuenta la presión enorme bajo la cual se han verificado esas reacciones.

Con estos elementos y la presencia de las lignitas y

materiales orgánicos en las calizas de «El Ébano,» podemos explicar la presencia de los hidrocarburos, que generalmente vienen acompañados de ácido carbónico, sulfuro de hidrógeno y gas de los pantanos. Esta teoría da una explicación completa de todos los fenómenos que se observan en muchos lugares de nuestras costas y aun en el interior del país, como sucede no lejos de Cuautla, en Tlaxiaco y en otras muchas partes. Da cuenta cabal de la formación de pizarras impregnadas de hidro-carburos, tan frecuentes en los países volcánicos en donde existen rocas sedimentarias cargadas de materia orgánica, y explica igualmente por qué la roca que contiene al aceite es de naturaleza arcillosa, pues como sabemos, el carbón y las lignitas siempre se encuentran entre dos capas de pizarras arcillosas, y es frecuente que el manto se subdivida más ó menos irregularmente, por lo que llaman los mineros hueso del carbón, que no es sino material arcilloso cargado fuertemente de materias carbonosas y comprimido. Al transformarse el material carbonoso bajo la influencia de la temperatura, de la presión y, sobre todo, de la descomposición del agua al estado de vapor, los materiales arcillosos también sufren la fusión hidrotermal, y se trasforman igualmente, dando nacimiento á esa roca porosa que contiene de ordinario al petróleo.

Vengo, por último, á tratar de las grandes ventajas que se obtendrán con el empleo del chapopote semi-líquido que se obtiene actualmente en «El Ébano» como combustible, comparándolo con el empleo del carbón que se extrae en los campos carboníferos de Coahuila.

El carbón limpio de Coahuila, puede ser vendido al pú-

blico consumidor, á seis pesos la tonelada en el lugar de la producción; el poder calorífico de ese combustible apenas llega á 7,500 calorías, y la cantidad de ceniza oscila entre 7 y 15°/₀. Sabido es que la cantidad de calor aprovechada realmente en los mejores sistemas de hornilla, llega, cuando más, á un 12°/₀ del poder calorífico del combustible: es sumamente difícil que la combustión del carbón se haga por completo, las parrillas se deterioran rápidamente, hay que estar cargando el combustible, atizando y limpiando constantemente dichas parrillas, y por último, desembarazarse de grandes cantidades de escorias y cenizas que contienen todavía una buena parte del carbón convertido en coke que escapa á la combustión; esto sin contar con el humo y las chispas, que no dejan de tener graves inconvenientes.

El poder calorífico del petróleo crudo se estima, según las mejores experiencias, en 11,772 calorías, lo que equivale á una potencia calorífica poco mayor á una y media veces que la del mejor carbón de Coahuila; el chapopote, según un análisis hecho por el Dr. Hermann von Fehling sobre una muestra procedente de Tampico, tiene la fórmula siguiente: $C^{20} H^{32} O^{2}$, que, como se nota á primera vista, sólo difiere de la del petróleo por el oxígeno que contiene el chapopote; partiendo del dato del poder calorífico del petróleo y de las respectivas fórmulas para calcular la potencia calorífica de chapopote, nos encontramos que el poder calorífico de este último es de 11,539 calorías. El precio del chapopote en «El Ébano,» no puede pasar de unos cuatro pesos la tonelada, dejando á la Compañía explotadora una ganancia exhorbitante. La combustión del chapopote se

hace de un modo casi perfecto en los quemadores modificados por Mr. Herbert G. Wylie, Superintendente de la Compañía Mexicana de Petróleo; obteniéndose la supresión de las parrillas, cenizas, humo, malos olores y la mezcla casi pefecta del aire con partículas pequeñísimas del chapopote, haciendo de esta substancia un combustible ideal; según los datos tomados de los informes oficiales de varios ferrocarriles americanos de Texas, se desprende que una tonelada de aceite crudo equivale, por sus efectos caloríficos, á tres y media toneladas de carbón, obteniédose, por otra parte, una gran economía en el manejo del combustible, tanto en las estaciones, como en las mismas locomotoras y máquinas fijas, pudiendo en muchos casos suprimir á los fogoneros.

La presión del vapor se alcanza más rápidamente que con el carbón, pues bastan generalmente diez minutos para obtenerla. Para la industria metalúrgica, el empleo del petróleo crudo tiene ventajas inapreciables: permite obtener temperaturas mucho más altas que las que se obtienen con el mejor coke, no introduce ninguna materia extraña que venga á influir en la marcha de las operaciones, permite la construcción de hornos muy pequeños de capacidad, muy superiores á los que hoy se usan generalmente, permitiendo hacer un ahorro muy considerable en los gastos de instalación y conservación.

Según esto y considerando la similitud entre los petróleos crudos de Texas y California, usados en gran escala en la vecina República del Norte, y nuestros chapopotes, se saca la consecuencia de que si el precio de la tonelada de chapopote es de cuatro pesos en «El Ébano,»

tendríamos que, para obtener la cantidad de calor verdaderamente aprovechada de una tonelada de carbón, habría que gastar, empleando el nuevo combustible, un peso quince centavos; representando esto sobre el carbón una economía de cuatro pesos ochenta y cinco centavos.

He hecho el cálculo sin tener en cuenta el flete de la materia, pues éste tiene que variar, naturalmente, según la mayor ó menor facilidad de las vías de comunicación, las tarifas ferrocarrileras ó marítimas y la distancia al centro de consumo; pero de todos modos, la ventaja está siempre del lado del chapopote, puesto que bajo un peso tres y media veces menor, produce una cantidad de calor aprovechable igual á la producida por el carbón.

Concretándome á nuestra costa del Golfo, que considero como la zona más importante para la implantación entre nosotros de la explotación industrial de los combustibles líquidos, petróleos, alquitranes minerales y asfalto, estimo que una gran parte de los terrenos comprendidos entre los puertos de Soto la Marina y Túxpam, en una faja de la costa cuya anchura valúo en sesenta kilómetros aproximadamente, los cuales, multiplicados por los doscientos kilómetros que median entre Soto la Marina y Túxpam, vienen á dar una superficie de doce mil kilómetros cuadrados, descontando la parte inútil y mal situada, se puede, con toda seguridad, contar con una extensión productiva de *doce kilómetros cuadrados* por lo menos, representando esto una riqueza incalculable y una esperanza fundada del futuro progreso y desarrollo de nuestra patria.

FIN DEL TOMO II.

NOTA.—En la página 14 de este Tomo, se dice que se publicará, al final de él, el Estudio Geológico que sirvió de guía en la excursión á los límites de la cuenca de México, en la región de las obras del Desagüe del Valle, que prometió el Sr. E. Ordóñez mandar á la Sociedad; sin embargo, no se inserta en el presente volumen, porque este Señor no lo ha remitido aún, á pesar del tiempo transcurrido.

ÍNDICE DEL TOMO II.

LA SOCIEDAD GEOLÓGICA MEXICANA, fundada en México en 1904, se halla establecida en el Instituto Geológico Nacional, México, D. F.

Toda la correspondencia y publicaciones, se remitirán con la siguiente dirección:

AL SECRETARIO DE LA SOCIEDAD GEOLÓGICA MEXICANA.

5.ª del Ciprés núm. 2728.
MÉXICO, D. F.

Las cuotas deben ser pagadas en el local de la Sociedad, al Tesorero, ó remitidas, en giro postal, con la misma dirección.

La Société Géologique Mexicaine fondée à Mexico en 1904, à été établie à l'Institut Géologique National, Mexico, D. F.

La correspondence et publications doivent être envoyés à l'adresse:

M. LE SÉCRÉTAIRE DE LA SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE MEXICAINE.

5.ª del Ciprés 2728.—México, D. F.
MEXIQUE.






SMITHSONIAN INSTITUTION LIBRARIES
3 9088 01224 1022